DIE NATURWISSENSCHAFTEN

26. Jahrgang | 12. August 1938 | Heft 32

Luftlicht und Sichtweite.

Von HARALD KOSCHMIEDER, Lindenberg.

Als 1921 die erste deutsche Flugwetterwarte gegründet worden war, wurde ihr alsbald bei der Projektierung der Nachtbefeuerung der Flugstrecke die Frage vorgelegt: Mit welchem Zerstreuungskoeffizienten ist zu rechnen, wenn die Sichtweite bei Tage x km beträgt? Diese Fragestellung wurde maßgebend für zahlreiche Untersuchungen, die nunmehr einen gewissen Abschluß erfahren haben. Da von deutscher Seite die meisten Beiträge zur Lösung des Problems geleistet wurden, eine Monographie bisher aber nur in englischer Sprache[1] erschienen ist, soll hier wenigstens eine Zusammenfassung des Wesentlichsten gegeben werden.

Es versteht sich, daß die Fragestellung an sich nicht völlig neu war, daß auch früher schon umfangreiche und wertvolle Versuche gemacht worden waren, sie zu beantworten, auf der einen Seite von den Meteorologen, auf der anderen von den Physikern. Zwischen beiden klaffte aber ein tiefgehender Riß, wie auch bei anderen Aufgaben, die diese zwei Disziplinen betrafen: Dem Physiker fehlte die Kenntnis des meteorologischen Beobachtungsmaterials wie auch die Neigung, sich mit der grundsätzlichen Schwierigkeit meteorologischer Aufgaben, der Veränderlichkeit der atmosphärischen Zustände, auseinanderzusetzen, der Meteorologe wiederum war von diesen so stark in den Bann geschlagen, daß er sich von einer quantitativen Untersuchung wenig versprach und sich mit Schätzungen zufrieden gab. Doch war von den Meteorologen, so von A. SCHMAUSS[2] und R. DIETZIUS[3], kurz nach dem Kriege erkannt worden, daß die Sichtweite bei Tage weniger von einem Lichtverlust als von einem Lichtgewinn abhängig ist. Von seiten der Physiker hatte CHR. WIENER[4] um die Jahrhundertwende eine rationelle Theorie der Himmelshelligkeit gegeben, die sich später für die Theorie der horizontalen Sichtweite als sehr fruchtbar erwies. Seine Begriffsbestimmungen fanden eine Verfeinerung und Verallgemeinerung in den Arbeiten von P. GRUNER[5]. L. A. JONES[6] beschäftigte sich schon ausführlich mit der „Sicht" und definierte sie durch das Verhältnis B_s/B_h, wo B_s diejenige künstliche Zusatzhelligkeit ist, die die *wahren* Flächenhellen des Hintergrundes (B_h) und des Zieles (B_s) nahezu gleichmacht. Das Luftlicht oder die Sichtweite hat er weder beobachtet noch berechnet. Ähnlich maß A. WIGAND[7] 1919 die „Sicht" in der realen Atmosphäre, indem er das Ziel vor dem Hintergrund durch Vorschalten einer künstlichen Trübung zum Verschwinden brachte. Am nächsten an die Aufgabe heran kamen L. WEBER[8], vor allem sein Schüler G. HAECKER[9], der auch eine Reihe von aufschlußreichen photometrischen Beobachtungen über den scheinbaren Lichtgewinn schwarzer Ziele, also über ihre „Aufhellung" in der realen Atmosphäre anstellte.

Diese *„Aufhellung" schwarzer Ziele bei Tage ist der Gegenstand des folgenden Berichtes.* Sie bedingt die *„Sichtweite schwarzer Ziele bei Tage"*, die als diejenige Entfernung definiert sei, in der der *relative* Helligkeitsunterschied des Zieles gegen den Horizonthimmel gleich der relativen Unterschiedsschwelle (rund 2 %) wird. Von der Sichtweite völlig verschieden ist die *„Tragweite" von Leuchtfeuern bei Nacht*, die — außer von den Eigenschaften der Lichtquelle — von der *absoluten* Empfindungsschwelle des Auges abhängt.

Daß tatsächlich mit zunehmender Entfernung des schwarzen Zieles vom Beobachter eine Aufhellung des Zieles erfolgt, wird unmittelbar sinnfällig, wenn man über eine Reihe hintereinander gelegener bewaldeter Hügel blickt: bereits dem unbewaffneten Auge erscheint der zweite Hügel heller als der erste, der dritte heller als der zweite usf.

I. Theoretische Darstellung[10].

Diese Zunahme der scheinbaren Flächenhelle eines schwarzen Zieles bei Tage mit zunehmender Entfernung des Zieles vom Beobachter kommt durch die diffuse Lichtzerstreuung der Luft und der in ihr enthaltenen trübenden Teilchen zustande. Betrachten wir ein Raumelement der Sehstrahlpyramide, die durch Auge und Ziel festgelegt wird. In dieses fällt Licht von der Sonne, vom Himmel und von der Erdoberfläche ein. Die in dem Raumelement enthaltenen Luftmoleküle streuen von diesen Lichtströmen Licht nach allen Seiten infolge der RAYLEIGHschen Zerstreuung, die größeren trübenden Teilchen, also Wassertröpfchen, Staub-

[1] W. E. K. MIDDLETON, Visibility in Meteorology. Toronto University Press 1935.

[2] A. SCHMAUSS, Meteorol. Z. **35**, 185 (1918); **38**, 225 (1921).

[3] R. DIETZIUS, Beitr. Physik fr. Atm. **10**, 202 (1922).

[4] CHR. WIENER, Nova Acta, Kaiserl.-Leopold.-Carol. Acad. d. Naturforscher **73**, Nr 1 (1900); **91**, Nr 2 (1909).

[5] P. GRUNER, Beitr. Physik fr. Atm. **8**, 120 (1919) — Helvet. physica Acta V, **31**, 145, 351 (1932).

[6] L. A. JONES, Philosophic. Mag. (6) **39**, 96 (1920).

[7] H. SEBASTIAN, Untersuchungen des Wigandschen Sichtmessers. Gerlands Beitr. Geophysik **46**, 152 (1935). Dort und in [25] eine sehr weitreichende Zusammenstellung der älteren Literatur.

[8] L. WEBER, Ann. Physik (4), **51**, 427 (1916).

[9] G. HAECKER, Diss. Kiel 1905.

[10] H. KOSCHMIEDER, Beitr. Physik fr. Atm. **12**, 33, 171 (1925) — Meteorol. Z. **43**, 418 (1926).

teilchen usw. durch Reflektion, Brechung und Beugung. So wird natürlich auch ein bestimmter Lichtstrom von dem betrachteten Raumelement aus in Richtung auf den Beobachter gestreut.

Dieser Lichtstrom läßt sich leicht berechnen. Es sei r die Entfernung eines Volumenelementes vom Beobachter (vgl. Fig. 1), ω der räumliche Öffnungswinkel, unter dem das Ziel erscheint, dann ist die Größe des Volumenelements gegeben durch $\omega \cdot r^2 dr$. Der von *einem* Raumelement gestreute Lichtstrom ist dann proportional der Größe des Elementes, der Zahl der darin enthaltenen Teilchen oder, was auf dasselbe hinauskommt, der Trübung der in dem Raumelement enthaltenen Luft, sowie den in das betr. Raumelement einfallenden Lichtströmen. Die Trübung charakterisieren wir durch

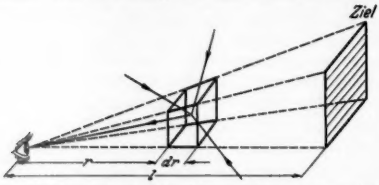

Fig. 1. Horizontale Sehstrahlpyramide, begrenzt durch Auge und Ziel. *Alle* (von oben, unten, von der Seite, von hinten und vorn) in sie einfallenden Lichtströme streuen einen Teilbetrag in Richtung auf das Auge.

den *Zerstreuungskoeffizienten* a, $[a] = [\mathrm{km}^{-1}]$. Also wird der Betrag der Streustrahlung $J \cdot a \cdot \omega r^2 dr$, wobei J in verwickelter (aber angebbarer) Weise von den einfallenden Lichtströmen abhängt und die Dimension einer Lichtstärke besitzt.

Von diesem Betrage gelangt aber nur ein Teil in das Auge des Beobachters. Denn erstens breitet sich diese Streustrahlung auf einer Kugelfläche aus, so daß der Faktor $1/r^2$ hinzutritt, und zweitens wird die Streustrahlung auf dem Wege zum Beobachter ebenfalls zerstreut, so daß der Faktor $e^{-(a+b)\cdot r}$ hinzutritt, wo b der Absorptionskoeffizient und a derselbe Zerstreuungskoeffizient ist wie oben. Mithin gelangt von *einem* Volumenelement, das sich in der Entfernung r vom Beobachter befindet, ein Lichtstrom $d\Phi$ ins Auge des Beobachters, der gegeben ist durch

$$d\Phi = J \cdot \omega \cdot a \cdot e^{-(a+b)r} \cdot dr .$$

Von einer Sehstrahlpyramide der Länge l wird daher in das Auge der Lichtstrom Φ gestreut

$$\Phi = \omega \cdot \int_0^l J a e^{-(a+b)r} dr .$$

Das Integral läßt sich unter der Bedingung leicht berechnen, daß a, b und J von r unabhängig sind. Dies ist vorzugsweise unter folgenden Verhältnissen der Fall:

1. Die Blickrichtung liegt in der Horizontalen und die Trübung der Luft in der Horizontalen ist konstant[11]. (In der Vertikalen ist die Trübung meist stark veränderlich.)

[11] H. STEINHÄUSSER, Z. Geophysik **10**, 59 (1934), hat die Rechnung für veränderliches a weitergeführt.

2. Der Himmel ist wolkenlos, so daß überall gleiches Oberlicht herrscht.

3. Die Erdoberfläche ist eben und überall von gleicher Albedo, so daß überall gleiches Unterlicht herrscht.

Außerdem muß 4. das Ziel klein sein gegenüber der Länge der Sehstrahlpyramide, derart, daß ihre Beschattung durch das Ziel vernachlässigt werden kann.

Unter diesen Voraussetzungen ergibt die Integration

$$\frac{\Phi}{\omega} = J \cdot \frac{a}{a+b} \cdot (1 - e^{-(a+b)l}) .$$ [12]

Wir nennen Φ/ω, der Dimension nach eine Lichtstärke, das *Luftlicht* der Sehstrahlpyramide der Länge l. Steht in der Entfernung l ein schwarzes Ziel der Flächenhelle o, so erzeugt das Luftlicht für das Auge (oder die photographische Platte) eine scheinbare Flächenhelle h_s des schwarzen Zieles. Für das Weitere ist die Erkenntnis von ***entscheidender*** Bedeutung, daß die scheinbare Flächenhelle des schwarzen Zieles in die scheinbare Flächenhelle des Horizonthimmels, d. h. in die *„Horizonthelligkeit"* h_h übergeht, wenn das Ziel ins Unendliche rückt. Damit erhalten wir die *„Luftlichtformel"*

$$h_s = h_h (1 - e^{-\sigma l}) , \qquad (1)$$

wo $\sigma = a + b$ gesetzt ist und der *Schwächungskoeffizient* genannt wird.

Unter den obengenannten Voraussetzungen und mit der Luftlichtformel läßt sich die Sichtweite für schwarze, weiße oder farbige, physikalisch definierte Ziele berechnen[10, 13]. ***Wir beschränken uns im folgenden auf die schwarze Fläche.***

Die *Sichtweite* s der schwarzen Fläche vor dem Horizont bei Tage bestimmt sich sofort daraus, daß $l = s$ wird, wenn $\frac{h_s - h_h}{h_h} = \varepsilon$ ist, wo ε der minimale relative Helligkeitsunterschied ist, den das Auge noch wahrnehmen kann (die relative Unterschiedsschwelle; für unsere Aufgabe ist ε hinreichend konstant und hat rund den Wert 0,02). Dann folgt also die *„Sichtweitenformel"*

$$s = \frac{\varkappa}{\sigma} , \quad \text{wo} \quad \varkappa = \ln \frac{1}{\varepsilon} = 3{,}912 , \quad [s] = [\mathrm{km}] . \qquad (2)$$

Sie liefert den eingangs geforderten Zusammenhang zwischen der Sichtweite am Tage und dem Schwächungskoeffizienten. Mein Mitarbeiter L. FOITZIK[13] hat hieraus noch den Zusammenhang zwischen der Sichtweite eines schwarzen Zieles am Horizont bei Tage und der Tragweite t eines Leuchtfeuers bei Nacht hergeleitet. Besitzt die punktförmige Lichtquelle die Lichtstärke I, so erzeugt sie in der Entfernung l infolge der Lichtausbreitung auf die Kugeloberfläche und der Schwächung durch Absorption und Streuung die Beleuchtung

$$B = \frac{I}{l^2} \cdot e^{-\sigma l} .$$

[12] Eine ähnliche Formel ist unabhängig von [10] auch von F. W. P. GÖTZ hergeleitet worden. Jb. Naturf. Ges. Graubündens **64** (1925/26).

[13] L. FOITZIK, Meteorol. Z. **49**, 134 (1932).

Wird l gerade so groß, daß B bis zur absoluten Empfindungsschwelle β des Auges abgeklungen ist, so ist offenbar gerade die Tragweite t erreicht. Also gilt die „ALLARDsche Formel"

$$\beta = \frac{I}{t^2} \cdot e^{-\sigma t}. \quad . \quad .$$

Ersetzt man nach (2) σ durch $\varkappa/s$, löst (3) nach s auf, so erhält man den gesuchten Zusammenhang in der Form der „*Tragweitenformel*"

$$s = \frac{\varkappa \cdot t}{\ln I/\beta t^2} = \frac{t \log e}{2 \log t + \log \beta - \log I}. \qquad (3)$$

FOITZIK[14] hat in dieser Zeitschrift eine graphische Darstellung der zusammengehörigen Werte t und s für verschiedene I gegeben.

II. Messungen des Luftlichtes in Abhängigkeit vom Azimut Ziel — Sonne[15].

Da in (2) das Azimut der Sonne nicht eingeht, so folgt daraus, daß die horizontale Sichtweite einer schwarzen Fläche vor dem Horizont unabhängig ist von dem Sonnenstand, daß sie insbesondere ebensogroß ist, wenn vom Beobachter aus gesehen das Ziel unter der Sonne steht, wie dann, wenn das Ziel der Sonne gegenübersteht. Diese Aussage der Theorie steht im völligen Widerspruch zu der landläufigen Auffassung, wonach die Sichtweite in Richtung auf die Sonne wesentlich kleiner sei als in der der Sonne abgewandten Richtung, eine Auffassung, die durch die Meßergebnisse mehrerer Forscher auch gestützt erschien.

Die Nachprüfung der Theorie geschieht am besten mit Hilfe der Formel (1), die aussagt, daß der Quotient

$$q = h_s/h_h \quad \text{für} \quad l = \text{const.} \qquad (4)$$

vom Azimut unabhängig ist. Das ist leicht nachzuprüfen, indem man auf einem Kreise l = const. hinreichend viele schwarze Ziele aufbaut und in jedem Azimut h_s und h_h photometrisch mißt. Natürlich kann man statt mehrerer fester Ziele auch ein auf einem Kreise bewegliches Ziel verwenden. Bei der Auswahl des Beobachtungsortes ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß die obengenannten Voraussetzungen der Theorie hinreichend erfüllt sind.

Aus diesen Erwägungen heraus wurde ursprünglich die weit in die Ostsee hineinragende Halbinsel Hela als Beobachtungsort gewählt. Aus außenpolitischen Gründen mußte aber leider darauf verzichtet werden. Da aber für die Messungen auf See alles vorbereitet war, so mußten notgedrungen die ersten Messungen auf der Danziger Reede von der *Ostmole* aus stattfinden. Um aber den Voraussetzungen der Theorie Genüge zu leisten, wurde später der Beobachtungsplatz landeinwärts 11 km südlich von Danzig nach *Rostau* verlegt, wo bei südlichen Winden Großstadt- und Küsteneinfluß hinreichend ausgeschaltet waren.

Bei den Messungen über See auf der Ostmole wurden das Telephotometer, der Entfernungsmesser und der Theodolit auf der Molenspitze aufgestellt. Als Ziel diente ein zur Hälfte mit schwarzem, zur Hälfte mit weißem Stoff bespanntes Segeltuch (vgl. Fig. 2, photometriert wurde nur die schwarze Fläche, die eine Größe von 6×6 qm besaß). Das Segel wurde auf einem Baggerprahm auf Halbkreisen von 2 und 4 km Radius um die Mole geschleppt, wobei laufend die Lage des Zieles durch Theodolit und Entfernungsmesser (3 m Basis) bestimmt wurde.

Bei den Messungen auf Land, in Rostau, wurden 16 Ziele von $1{,}35 \times 1{,}35$ qm auf einem Kreise von 1 km Radius fest aufgestellt. Die Albedo der Ziele betrug etwas weniger als $^1/_2$ %, das von den schwarzen Flächen reflektierte Licht war daher erst bei sehr kleiner Trübung, d. h. bei großen Sichtweiten merklich.

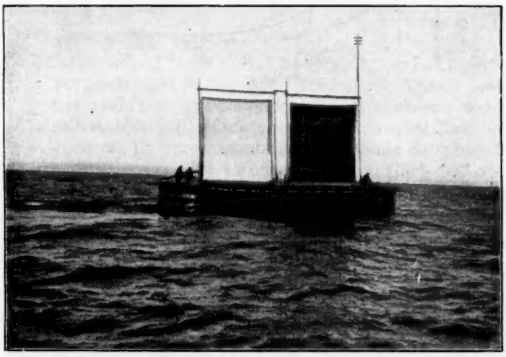

Fig. 2. Das Zielschiff, das auf einem (Halb)Kreis um den Beobachter gefahren wurde. Dem Beobachter (auch der photographischen Platte) erscheinen in geeigneter Entfernung *der Sonne gegenüber* die schwarze Fläche schwarz, die weiße weiß, *unter der Sonne* dagegen beide gleich hell und sind dann nicht voneinander zu unterscheiden, obwohl sie sich noch deutlich vom Horizonthimmel abheben.

Die Messung der scheinbaren Flächenhelle h_s des schwarzen Zieles und der Horizonthelligkeit h_h erfolgte mit einem Fernrohr von 195 cm Brennweite und einem Astrophotometer für Flächenphotometrie, dem Apho 4 nach ROSENBERG der *Askania-Werke*, Berlin-Friedenau.

1. Ostmole. Die Meßergebnisse eines Tages sind in der Fig. 3 dargestellt. Jeder eingetragene Wert beruht hier nur auf einer Ablesung. Abszisse ist das Azimut A, Ordinate h_h (obere Kurve), und h_s (untere Kurve). Die Helligkeiten sind hier nicht auf gleiche Entfernung Beobachter—Ziel reduziert. Aber die Abweichungen sind gering und zunächst unwesentlich.

Die Messungen liefern das auf den ersten Blick überraschende Ergebnis, daß die scheinbare Flächenhelle des schwarzen Zieles, wenn dieses in

[14] L. FOITZIK, Naturwiss. **22**, 384 (1934).

[15] H. KOSCHMIEDER, Forsch.-Arb. Stl. Obs. Danzig 1930, H. 2.

seinem eigenen Schatten steht ($A = 0$), ein mehrfaches (3—12faches) derjenigen Flächenhelle beträgt, unter der das schwarze Ziel bei voller Beleuchtung ($A = 180$) erscheint. Dieses Ergebnis, das man früher nicht erwartet hätte, erklärt sich nach der Sichttheorie sofort daraus, daß die scheinbare Flächenhelle des schwarzen Zieles durch das Luftlicht zustande kommt, die Horizonthelligkeit

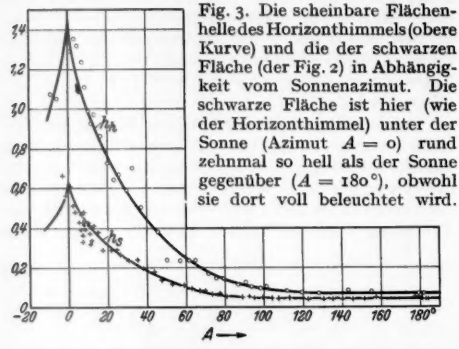

Fig. 3. Die scheinbare Flächenhelle des Horizonthimmels (obere Kurve) und die der schwarzen Fläche (der Fig. 2) in Abhängigkeit vom Sonnenazimut. Die schwarze Fläche ist hier (wie der Horizonthimmel) unter der Sonne (Azimut $A = 0$) rund zehnmal so hell als der Sonne gegenüber ($A = 180°$), obwohl sie dort voll beleuchtet wird.

aber ebenfalls Luftlicht, und zwar das einer unendlich langen Sehstrahlpyramide ist, so daß sich beide also gleichsinnig ändern.

Der Helligkeitswechsel der schwarzen Fläche wurde bei diesen Versuchen besonders auffällig dadurch, daß neben der schwarzen Fläche, wie Fig. 2 zeigt, noch eine weiße mitgeführt wurde. Die schwarze und die weiße Fläche waren nämlich gleich hell und in keiner Weise voneinander zu unterscheiden, wenn das Zielschiff vom Beobachter aus gesehen unter der Sonne stand und hinreichend von dem Beobachter entfernt war. (Dabei hoben sich die Flächen immer noch ganz deutlich von dem Horizont ab.) Dagegen erschienen die schwarze Fläche tiefschwarz und die weiße knallweiß, wenn beide vom Beobachter aus gesehen der Sonne gegenüber standen. Aus dieser Tatsache geht sehr schön hervor, daß es sich bei den Helligkeitsschwankungen der schwarzen Fläche um keine akademische Bagatelle handelt.

Die nächste Aufgabe war zu untersuchen, ob die scheinbare Flächenhelle der schwarzen Fläche in allen Azimuten genau proportional der Horizonthelligkeit ist, d. h. ob nach allen Richtungen hin q denselben Wert besitzt. Das war bei diesen Messungen nicht der Fall. Der Grund für diese azimutalen Schwankungen lag darin, daß durch die Nähe der Küste und der Großstadt der Zerstreuungskoeffizient nicht hinreichend konstant war.

2. Rostau, Winter, Kreise. Um den Küsten- und Großstadteinfluß zu vermeiden, wurde, wie erwähnt, der Beobachtungsplatz später landeinwärts nach Rostau 11 km südlich von Danzig verlegt. Bei diesen Messungen wurde alles Gewicht auf die genaue Erfassung des Wertes q gelegt. Im ganzen wurden 88 q-Werte gewonnen, die auf 4—13, im allgemeinen 5—7 photometrischen Einstellungen beruhen, und zwar auf 3 Voll- und 2 Halbkreisen an 3 Tagen. Diese Werte sind sämtlich dargestellt in Fig. 4, und zwar in folgender Weise: Für jeden Halbkreis (in einem Falle nach Aussonderung eines linearen zeitlichen Ganges) wurde ein Mittelwert q_m und dann $q(A)/q_m$ gebildet, wo $q(A)$ den im Azimut A gemessenen Wert bedeutet. $q(A)/q_m$ wurde

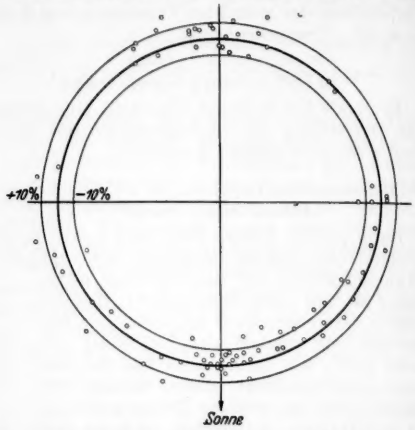

Fig. 4. Verhältnis der scheinbaren Flächenhelle schwarzer, auf einem Kreis aufgebauter Ziele zu der im selben Azimut gemessenen scheinbaren Flächenhelle des Horizonthimmels. Die (reduzierten) Verhältniswerte sind dargestellt durch die Länge der Fahrstrahlen, deren Endpunkte durch die kleinen Kreise gekennzeichnet sind. Diese liegen praktisch auf einem Kreis, d. h. die Verhältniswerte sind vom Azimut unabhängig. Messungen bei kleinen Sichtweiten (< 12 km, Winter).

in Polarkoordinaten dargestellt mit dem Azimut A als Amplitude und $q(A)/q_m$ als Länge. Eingetragen wurde lediglich die Spitze dieses Vektors, deren Lage durch den Mittelpunkt der kleinen Kreise bestimmt ist.

Wäre die Theorie vollkommen erfüllt, so müßten all die kleinen Kreise auf dem großen Einheitskreis gelegen sein. Wie man sieht, ist das hinreichend der Fall.

Wir können daher in den Rostauer Wintermessungen eine gute Bestätigung der Theorie erblicken, wenigstens für die *kleinen* Sichtweiten, die bei diesen Wintermessungen auftraten. Das Ergebnis wiegt um so schwerer, als die Sonnenhöhen sehr gering und die relativen Feuchtigkeiten hoch waren, so daß ein deutlicher Unterschied zwischen q (180) und q (0) hätte auftreten müssen, wenn ein solcher überhaupt vorhanden wäre.

3. Rostau, Sommer, Kreise. Die Messungen wurden mit geringfügigen Änderungen im Sommer 1929 von meinem Schüler H. RÜHLE[16] in Rostau fortgesetzt. Die Ergebnisse sind in derselben Weise wie für die Wintermessungen in Fig. 5 dargestellt.

[16] H. RÜHLE, Forsch.-Arb. Stl. Obs. Danzig 1930, H. 3.

Hier ergibt sich nun ganz deutlich eine azimutale Abhängigkeit der q-Werte vom Azimut A des Zieles in bezug auf die Sonne. Die Differenz $q(180) - q(0)$ beträgt volle $+(14{,}7 \pm 1{,}8)\,\%$, liegt also durchaus außerhalb der Fehlergrenzen.

Die Ursache dieses von den Winterergebnissen deutlich abweichenden Befundes liegt offensichtlich

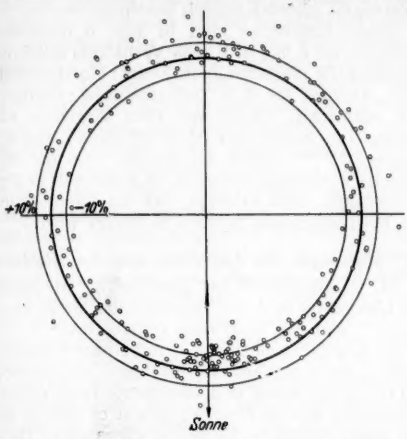

Fig. 5. Dieselbe Darstellung wie in Fig. 4, jedoch bei großen Sichtweiten (bis 40 km, Sommer). Der Sonne gegenüber sind die Verhältniswerte etwas größer als unter der Sonne. Berücksichtigt man das kleine, aber hier doch merkliche Reflexionsvermögen der schwarzen Ziele, so ergeben sich auch hier Verhältniswerte, die vom Azimut unabhängig sind.

darin, daß die Flächen nicht völlig schwarz sind, die Albedo nicht den Wert 0 besitzt. Wenn die Albedo auch nur wenige Promille beträgt, so wird sie bei hinreichender Beleuchtung der Ziele durch die Sonne, vor allem *bei hinreichend geringer Trübung* doch durchaus merklich: Daß das von den schwarzen Flächen reflektierte Licht mit der Beleuchtungsstärke wächst, bedarf keiner Erörterung. Daß es mit abnehmender Trübung immer stärker ins Gewicht fällt, hat einen zweifachen Grund: Einmal ist bei geringer Trübung das Luftlicht sehr klein, so daß die wahre Flächenhelle gegenüber der scheinbaren schon merklich wird, und zweitens wird das reflektierte Licht auf dem Wege Ziel—Beobachter sehr wenig geschwächt. Beide Einflüsse summieren sich, so daß mit abnehmender Trübung (oder zunehmender Sichtweite) der Einfluß der Albedo rasch wächst.

Damit stimmt bestens überein, daß an den Meßtagen die Sichtweite im Winter zwischen 4 und 12, im Sommer meist zwischen 16 und 44 km lag, so daß der Einfluß der Albedo nicht im Winter, wohl aber im Sommer zum Ausdruck kam. Mit dieser Auffassung stimmt weiter das Vorzeichen der Abweichung überein: Der Sonne gegenüber, wo die Fläche durch die Sonne voll beleuchtet wird, ist ihre wahre Flächenhelle größer als unter der Sonne, wo die Fläche in ihrem eigenen Schatten steht. (Dagegen ist das Vorzeichen der Abweichung nicht verträglich mit der landläufigen Auffassung, daß der Sonne gegenüber die Sichtweite größer wäre als unter der Sonne, dann müßte umgekehrt $q(180) - q_m < 0$, $q(0) - q_m > 0$ sein.)

Man kann unter vernünftigen Voraussetzungen den Einfluß der Albedo (einschl. des im Fernrohr auftretenden Streulichtes) genähert berechnen und H. RÜHLE findet, daß die beobachtete Schwankung $q(180) - q(0)$ der Abweichung mit der berechneten von derselben Größenordnung ist und mit wachsendem q rasch abnimmt, so daß für $q = 0{,}08$ die Schwankung nach den Rechnungen 20,8 %, für $q = 0{,}226$ nur noch 6,3 % beträgt.

4. Gegenpunkte Rostau. Um im Einzelfall den Einfluß der Albedo und des im Fernrohr auftretenden Streulichtes in Strenge zu beseitigen, hat H. RÜHLE[16] eine 4. Meßreihe durchgeführt: Im Azimut und unter dem Höhenwinkel der festen Ziele (vom Beobachter aus gesehen) wurden noch Hilfsziele derselben geringen Albedo aufgestellt, aber in einer kleineren Entfernung als die Ziele, in Erweiterung eines Verfahrens, das schon F. LÖHLE[17] vorgeschlagen hatte. Die Größe der Hilfsziele war so gewählt, daß sie vom Beobachter aus unter demselben Winkel erschienen wie die festen Ziele in 1000 m Entfernung, damit in beiden Fällen das Streulicht dieselbe Größe besaß.

Wenn h'_1, h'_2, h'_h die am Photometer abgelesenen Helligkeiten des Zieles, des Hilfszieles und des Horizonthimmels im gleichen Azimut, S das im Fernrohr auftretende Streulicht, ϱ die wahre Flächenhelle der schwarzen Fläche (das reflektierte Licht) bedeuten, dann bestehen folgende 3 Beziehungen:

$$h'_{1,2} = h_h \cdot q_{1,2} + S + \varrho \cdot e^{-\sigma l_{1,2}},$$

$$h'_h = h_h + S.$$

Aus diesen 3 Gleichungen lassen sich nun ϱ und S eliminieren (das ist der Zweck der Meßanordnung), und es folgt

$$\sigma = \frac{1}{l_2 - l_1} \cdot \ln\left(1 + \frac{h'_2 - h'_1}{h'_h - h'_2}\right).$$

Die Messungen lieferten dann folgende Werte $\frac{\sigma_{180} - \sigma_0}{\sigma_m}$ (in der Tabelle bedeutet n die Zahl der einzelnen σ-Werte, deren jeder auf etwa 15 photometrischen Beobachtungen beruht, s die Sichtweite, berechnet aus den beobachteten q):

SE/SW-Wind s in km	Rostau n	Wolkenloser Himmel $\frac{\sigma_{180} - \sigma_0}{\sigma_m}$ %
33—17	32	$+(10{,}2 \pm 2{,}4)$
12	17	$+(\ 8{,}9 \pm 4{,}6)$
10—11	10	$+(\ 5{,}3 \pm 4{,}3)$
9—10	7	$+(\ 3{,}7 \pm 3{,}9)$
3—5	23	$+(\ 2{,}2 \pm 2{,}9)$

[17] F. LÖHLE, Meteorol. Z. **46**, 49 (1929).

Man sieht daraus, daß bei kleinen Sichtweiten die Abweichung innerhalb der recht kleinen Fehlergrenzen liegt, bei großen Sichtweiten aber über die Fehlergrenzen deutlich hinausgeht[18]. Man kann dieses Ergebnis auch hier nicht mit der landläufigen Auffassung erklären, daß die Sichtweite der Sonne gegenüber größer wäre als unter der Sonne, denn dann müßte das Vorzeichen der Schwankung negativ sein. Man kann den Grund dieser Schwankung nur in einer Inhomogenität der Luft suchen, die dadurch zustande kommt, daß bei diesen großen Sichtweiten die Sehstrahlpyramide doch noch bis in das Stadtgebiet von Danzig hineinragt. Daß diese Deutung wirklich zutreffend ist, geht daraus hervor, daß an einem Seewindtage bei sehr großer Sichtweite das Vorzeichen sich umkehrte:

NE-Wind s in km	Rostau n	Wolkenloser Himmel $\frac{\sigma_{130}-\sigma_0}{\sigma_m}$ %
>50	15	$-(6{,}3 \pm 4{,}7)$

III. Messungen des Luftlichtes in Abhängigkeit von der Entfernung Ziel — Beobachter.

F. LÖHLE[17] hat Messungen darüber ausgeführt, wie sich die scheinbare Flächenhelle des schwarzen Zieles bei Tage mit der Entfernung vom Beobachter ändert. Für diese Aufgabe versagen künstliche Ziele, weil diese, wenn Entfernungen von 10—20 km überbrückt werden sollen, sehr groß und damit unverhältnismäßig teuer werden. LÖHLE kam zu der sehr glücklichen Lösung, natürliche Ziele von so kleiner Albedo zu benutzen, daß diese — bei den größeren Entfernungen — praktisch nicht mehr ins Gewicht fällt. Nach Messungen von K. STUCHTEY u. a. besitzt Mischwald nur noch eine Albedo von 0,04. LÖHLE maß daher von Potsdam aus die scheinbare Flächenhelle einiger Mischwälder, die in 0,6, 1,6, 4,1, 5,4, 5,8, 6,1, 13,5, 23,3 km Entfernung vom Potsdamer Meteorologischen Observatorium entfernt liegen. Er benutzte hierzu ein von ihm entwickeltes Telephotometer, bei dem die scheinbare Flächenhelle der Ziele bzw. des Horizontes photoelektrisch bestimmt wurde.

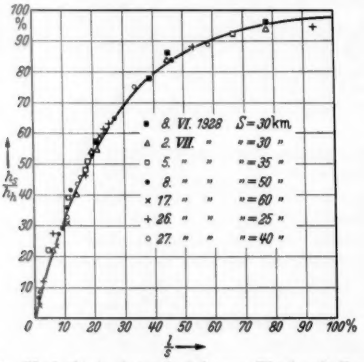

Fig. 6. Verhältnis der scheinbaren Flächenhellen von schwarzem Ziel und Horizonthimmel in Abhängigkeit von der Entfernung Ziel—Beobachter. Nach F. LÖHLE[17]. Die Meßwerte fallen praktisch mit der theoretischen Voraussage (ausgezogene Kurve) zusammen.

Seine Ergebnisse sind in Fig. 6 dargestellt. Ordinate ist h_s/h_h, d. h. das Verhältnis scheinbare Flächenhelle des schwarzen Zieles : Horizonthelligkeit, Abszisse l/s, d. h. Zielentfernung : Sichtweite des schwarzen Zieles vor dem Horizont nach Formel (2). Setzt man (2) in (1) ein, so folgt $h_s/h_h = 1 - e^{-3{,}912 \cdot l/s}$. Diese Kurve, die also die theoretische Voraussage darstellt, ist gleichfalls in Fig. 6 eingetragen. Man erkennt, daß die Theorie durch die Beobachtungen bestens bestätigt wird.

IV. Messungen des Luftlichtes und der Sichtweite.

M. G. BENNETT[19] hat gleichzeitige Messungen des Luftlichtes bzw. des Transmissionskoeffizienten $p = e^{-\sigma}$ und der Sichtweite durchgeführt.

In *Kew* photometrierte er mit einem Telephotometer 4 innen geschwärzte Kästen in 157, 320, 640, 1512 ft. Entfernung und bestimmte ohne optische Hilfsmittel ihre Sichtweite, indem er sich so weit von ihnen entfernte, bis sie verschwanden. Da die Ziele nicht hinreichend schwarz waren, so trat zum Luftlicht $h_h(1-e^{-\sigma l})$ noch ein Anteil $\text{const} \cdot e^{-\sigma l}$ reflektierten Lichtes hinzu, so daß sich folgende scheinbare Flächenhelle h_n des Zieles n ergab:

$$h_n = h_h(1 - e^{-\sigma l_n}) + \text{const} \cdot e^{-\sigma l_n}.$$

Man findet aus den Flächenhellen dreier Ziele $n = 1, 2, 3$ den Transmissionskoeffizienten aus der Gleichung

$$\frac{h_3 - h_2}{h_2 - h_1} = \frac{p^{l_3} - p^{l_2}}{p^{l_2} - p^{l_1}}.$$

Durch die Kombinationen der 4 Ziele erhielt BENNETT 4 Werte p, die er zu Mittelwerten vereinigte. Aus diesen berechnete er mit (2) die Sichtweiten des schwarzen Zieles vor dem Horizont. Die unmittelbar beobachteten Sichtweiten stimmten innerhalb der Streuung mit den nach (2) berechneten Werten überein. Dabei lagen die Sichtweiten zwischen 700 und 2500 Yards.

In *Farnborough* beobachtete BENNETT dagegen visuell ohne optische Hilfsmittel — ebenfalls bei Tage — die Tragweite von 4 „punktförmigen" Lichtquellen (0,5, 3,0, 15 und 62 c. p.) sowie die Sichtweite des Hauses, auf dem die Lichtquellen aufgebaut waren. Aus der Tragweitenformel (3) berechnete er die Sichtweiten s, wobei die Überbestimmung durch die Benutzung von 4 Lichtquellen zunächst die Elimination der absoluten Empfindungsschwelle und durch Kombinationen der Messungen die Herleitung von je 6 Einzelwerten von p bzw. s ermöglichte, die zu Mittelwerten vereinigt wurden.

[18] H. KOSCHMIEDER, Monthly Weather Review **58**, 439 (1931).

[19] M. G. BENNETT, Quart. J. Roy. Meteorol. Soc. **61**, 179 (1935).

Die berechneten Werte s fielen dabei merklich kleiner aus als die unmittelbar visuell bestimmten Sichtweiten des Gebäudes. BENNETT sieht die Ursache entweder darin, daß der minimale relative Helligkeitsunterschied ε nicht als konstant anzusehen ist, oder aber daß das an den Zielrändern gebeugte Licht noch merklich zur Aufhellung der Zielfläche beiträgt, besonders am Rande, so daß die Folge ein mehr oder weniger allmählicher Übergang der Helligkeiten vom Horizont zum Ziel wäre.

Nachdem schon W. E. KNOWLES MIDDLETON[20] die zweite Deutung als kaum ausreichend hingestellt hatte, hat sich neuerdings L. FOITZIK[21] mit diesen Messungen auseinandergesetzt. Er wies darauf hin, daß bei diesen Messungen die Sichtweite klein war, zwischen 40 und 700 Yards lag. Werden diese kleinen Sichtweiten unmittelbar visuell bestimmt, so erscheint das Ziel unter einem recht großen Winkel, während in der Sichttheorie[10] ausdrücklich kleine Zielwinkel als Voraussetzung gefordert waren, und zwar deswegen, weil durch ein unter großem Zielwinkel erscheinendes Ziel nicht unbeträchtliche Himmelsausschnitte für die Beleuchtung der Sehstrahlpyramide ausgeschnitten werden. Alsdann erscheint das Ziel „zu schwarz", d. h. es ist tatsächlich weiter sichtbar als das verschwindend kleine Ziel. *Für eine Nachprüfung* der Sichttheorie wären daher die von BENNETT hier visuell beobachteten Sichtweiten zu verkleinern, sie würden daher auf die von BENNETT *berechneten* Sichtweiten zurücken. Leider sind die Ausmaße des benutzten Zieles von BENNETT nicht angegeben worden, so daß eine quantitative Nachprüfung nicht möglich ist.

L. FOITZIK hat aber den *Einfluß der Zielgröße* quantitativ bestimmt, indem er bei der Integration über die Sehstrahlpyramide den auffallenden Lichtstrom nicht mehr konstant, sondern dem jeweils unbeschatteten Teil der Himmelshalbkugel proportional setzte (vgl. [10], S. 54). Er hat die Integration für ein halbkreisförmiges Ziel und für die Strahlen durchgeführt, die nach dem Kreismittelpunkt und dem rechten (oder linken) unteren Rand des Halbkreises hinzielen. Er findet, daß bei einem Öffnungswinkel von 3—4° die Sichtweite doppelt so groß ist als bei einem verschwindend kleinen Ziel, während bei einem Öffnungswinkel von 1° nur ein Zuschlag von etwa 10% hinzukommt.

V. Rückblick und Ausblick.

Auf Grund dieser Messungen darf die *Luftlichtformel* mit weitreichender Genauigkeit als bestätigt gelten. Darüber scheint Einverständnis zu herrschen. Auch F. LÖHLE[22], dessen Messungen im Gebirge (auch bei kleinen Sonnenhöhen) teils die azimutale Luftlichtverteilung nach (4) bestätigten, teils Abweichungen davon ergaben, führt die Abweichungen auf die örtliche Veränderlichkeit der Trübung zurück. Es ist auch kein Zweifel, daß die Trübung in der Atmosphäre oft nur über verhältnismäßig kleine Bereiche als hinreichend konstant angesehen werden kann: Je größer die von einer Messung überbrückte Strecke, um so größer wird die Wahrscheinlichkeit, örtliche Abweichungen der Trübung anzutreffen.

Nicht dasselbe Einverständnis besteht über die Richtigkeit der *Sichtweitenformel*. Insbesondere hat F. LÖHLE[23] den Standpunkt vertreten, daß die Kontrastschwelle des Auges nicht mit der relativen Unterschiedsschwelle ε gleichgesetzt und nicht als konstant angesehen werden dürfe. Für Sichtschätzungen mit ungeschütztem Auge trifft das ohne Zweifel zu und erklärt die bei geringeren Sonnenhöhen fast stets in Richtung auf die Sonne beobachtbaren geringeren „Sichtweiten". Aber es denkt wohl in der Praxis niemand daran, ein unter der Sonne gelegenes Ziel mit ungeschütztem Auge aufzusuchen, er wählt vielmehr irgendeinen Schutz: die Beschattung des Auges durch die Hand, ein Blendenrohr, ein fast völlig geschütztes optisches Gerät, und soviel Schutzmaßnahmen denkbar sind, so viele Funktionen gibt es, die dann die Abhängigkeit der Kontrastschwelle von dem Sonnenabstand des Zieles usw. darstellen. F. LÖHLE[24] hat selbst durch sehr hübsche Sichtschätzungen mit bloßem Auge und mit einem Blendenrohr gezeigt, wie stark die Abweichungen schon in diesen beiden Fällen sind. Für eine grundsätzliche theoretische Darstellung ist die Wahl eines Extremfalles (nämlich völlig geschütztes Auge) immer noch das zweckmäßigste. Genau wie die Wahl der schwarzen Fläche: Es gibt keine schwarzen, keine unendlich kleinen Flächen (farbige oder weiße Flächen weichen, wie schon 1925[10] gezeigt wurde, noch viel stärker in der Sichtweite von der schwarzen Fläche ab), es gibt auch in der realen Atmosphäre kein monochromatisches Licht. So hat also jedes Ziel, jede Beobachtungsweise, ja auch jedes Auge und jede Kombination dieser 3 Elemente eine „spezielle Sichtweite" und die nach (2) definierte Sichtweite wird daher heute — im Anschluß an H. SEBASTIAN[25] — oft die *„repräsentative Sichtweite"* genannt. Dieser Ausdruck scheint recht zweckmäßig gewählt zu sein: Er deutet auf die bestehenden Einschränkungen hin, auf der anderen Seite behält er die physikalische Anschaulichkeit bei, die gerade den von der Sichtweite abhängigen Berufskreisen ein viel leichter verständliches Maß der atmosphärischen Trübung gibt als etwa der Schwächungs- oder Durchlässigkeitskoeffizient.

Damit dürfte das Grundsätzliche klargestellt sein. Alles weitere hängt davon ab, was man will, —

[20] W. E. K. MIDDLETON, J. O. S. A. **27**, 112 (1937).

[21] L. FOITZIK, Wiss. Abh. Reichsamt f. Wetterdienst, Berlin, IV, Nr 5 (1938).

[22] F. LÖHLE, Z. Physik **57**, 770 (1929), insbes. S. 782f. (Sonnblick 3106 m) und [23] Roßkopf im Schwarzwald, insbes. Schlußabsatz.

[23] F. LÖHLE, Beitr. Physik fr. Atm. **23**, 129 (1936).

[24] F. LÖHLE, Meteorol. Z. **52**, 435 (1935).

[25] H. SEBASTIAN, Gerlands Beitr. z. Geophysik **45**, 35 (1935).

eine Selbstverständlichkeit, die aber nicht immer hinreichend beachtet worden ist.

Will man — etwa zum Zwecke der Luftkörperdiagnose — lediglich *gut vergleichbare Sichtbestimmungen bei Tage* an vielen Stationen, so wird man mit *genormten Schätzungen der Sichtweite* am weitesten kommen. Man wird daher zweckmäßig einen genormten Augenschutz, etwa das von F. LÖHLE[24] benutzte Blendenrohr, und vergleichbare natürliche Ziele benutzen. Es wird Sache der Internationalen Meteorologischen Organisation (O. M. I.) sein, hier eine zweckdienliche Übereinkunft herbeizuführen. Ich persönlich glaube nicht — H. SEBASTIAN[25] äußert eine ganz ähnliche Auffassung —, daß irgendwelche Meßinstrumente die Sichtweiten bei Tage besser erfassen könnten als solche genormten Augenbeobachtungen, und zwar deswegen, weil schon die Veränderlichkeit der Trübung sowohl in der Horizontalen wie in der Vertikalen und die Veränderlichkeit von Ober- und Unterlicht in der realen Atmosphäre eine völlig eindeutige Sichtweite nicht zulassen. Durch Messungen der Sichtweite würde eine Genauigkeit vorgetäuscht werden, die meistens über die physikalische Bestimmtheit der Trübung hinausginge. Nur in solchen Fällen, in denen geeignete Ziele fehlen, z. B. auf hoher See, kann eine Sichtmessung einer vernünftigen Sichtschätzung überlegen sein.

Ganz anders liegen die Verhältnisse *bei Nacht*. Aufgaben, die die nächtliche Sichtweite nicht selbstleuchtender Ziele betreffen, werden nicht häufig sein. In den meisten Fällen wird es sich vielmehr um die *Tragweite von Lichtquellen* handeln. Der Sichtschätzung genormter Ziele bei Tage entspräche dann die Tragweitenschätzung genormter Lichtquellen. Da deren Aufbau immerhin kostspielig und umständlich ist und daher wohl noch nie ausgeführt wurde, andererseits die Benutzung zufällig vorhandener Lichtquellen zu verhängnisvollen Irrtümern führen kann, so kam der Entwicklung eines Nachtsichtmessers (Tragweitenmessers) eine viel größere *praktische* Bedeutung zu als den Tagessichtmessern. Der vom Verf., FOITZIK und C. ZEISS[21] gemeinsam entwickelte Tragweitenmesser ist im wesentlichen ein Gerät zur Bestimmung des Schwächungskoeffizienten, der mit Formel (3) sofort die Tragweite liefert.

Die weiteren praktischen Fragen des Sichtproblems, so Sichtvergrößerung oder Sichtverkleinerung bei Tage (Tarnung), gehen schon weit von der hier behandelten Aufgabe weg, insofern als für sie teils der Unterschied zwischen der wahren und scheinbaren Farbe des Zieles (Filtermethoden), teils physiologische Einwirkungen (geometrische Gestalt des Zieles) ausschlaggebend werden.

Dagegen ist noch eine grundsätzliche Frage eng mit der hier behandelten Aufgabe verknüpft und hat offenbar manchen Untersuchungen als Ziel vorgeschwebt: Die Bestimmung des Trübungszustandes der realen Atmosphäre in der Horizontalen. Ob man hierfür den Schwächungskoeffizienten oder die (repräsentative) Sichtweite benutzt, ist eine Geschmacksfrage. Die Praxis scheint die repräsentative Sichtweite vorzuziehen. Wie dem auch sei: Die Aufgabe ist, diese Größen, die von physiologischen Einwirkungen frei sind und einen physikalisch definierten Tatbestand wiedergeben, in Abhängigkeit von den meteorologischen Faktoren, insbesondere der relativen Feuchte darzustellen und umgekehrt, sowie ihren normalen täglichen Gang zu erfassen. L. BERGMANN[26] ist es gelungen, ein Gerät zu entwickeln, das im Gegensatz zu den Aufhellungsmessungen nicht nur bei Tage und im Gegensatz zu den reinen Schwächungsmessungen nicht nur bei Nacht, sondern fortlaufend über Nacht, Dämmerung und Tag den Schwächungskoeffizienten bzw. die repräsentative Sichtweite zu messen gestattet. Es ist kaum zweifelhaft, daß dieses Verfahren, zur Registrierung weiterentwickelt und frontreif gemacht, zu bedeutsamen Erkenntnissen führen wird. Dasselbe gilt für die von SCHÖNWALD, KÜLB und JUNGINGER und FOITZIK durchgeführten oder eingeleiteten Versuche. R. STANGE[27] fand z. B. durch fortlaufende Messungen mit dem BERGMANNschen Sichtmesser, daß es — grob gesprochen und von Störungen abgesehen — einen kleinen Tages- und einen großen Nachtwert des Schwächungskoeffizienten gibt, die überraschenderweise jeder für sich weitgehend konstant sind und sich ziemlich sprunghaft ablösen. Weiter ist es L. FOITZIK[21] auf Grund eigener Messungen und denen von W. E. MIDDLETON[28] gelungen, die alte Streitfrage zu klären: Ist rotes Licht durchdringender als blaues? Die Messungen der beiden Forscher ergänzen sich vorzüglich und liefern für wesentliche Teile des sichtbaren Gebietes eine Darstellung, welche nahezu die ganze Stufenleiter der Trübung vom dichten Nebel über Dunst bis zur reinen RAYLEIGHschen Atmosphäre durchläuft. Die repräsentative Sichtweite erwies sich dabei als das ordnende Prinzip: Bei Sichtweiten unter 800 m ist Blau ein wenig durchdringender als Rot, bei Sichtweite über 800 m ist Rot viel durchdringender als Blau, und zwar wächst dieser Unterschied bis zu den aus der RAYLEIGHschen Theorie ableitbaren großen Werten an. Das sind freilich Mittelwerte. Wegen der Erklärung der häufig auftretenden Anomalien durch die Theorie von STRATTON und HOUGHTON muß auf die Untersuchung FOITZIKS[21] verwiesen werden.

[26] L. BERGMANN, Physik. Z. **35**, 177 (1934).

[27] R. STANGE, Veröff. Geophysik. Inst. Leipzig (2), **8**, 293 (1937). Bei der Wichtigkeit des obengenannten Ergebnisses wäre seine Bestätigung durch Messungen mit einem anderen Gerät erwünscht.

[28] W. E. K. MIDDLETON, Gerlands Beitr. Geophysik **44**, 358 (1935).

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Die Verbindung NH_4AlF_4.

Bei dem Versuch, nach der Angabe von Biltz und Rahlfs[1] durch thermische Zersetzung von Ammoniumkryolit $(NH_4)_3AlF_6$ reines AlF_3 herzustellen, wurde beobachtet, daß diese Zersetzung stufenweise vor sich geht. Beim Erhitzen des NH_4-Kryolits im trockenen Stickstoffstrom bei Temperaturen unter etwa 350° werden, der Gleichung $(NH_4)_3AlF_6 \rightarrow NH_4AlF_4 + 2\,NH_4F$ entsprechend, genau 2 Mol NH_4F abgegeben. Erst von etwa 350° ab entsteht aus dem NH_4AlF_4 quantitativ reines AlF_3, allerdings nur bei vollkommenem Ausschluß von Feuchtigkeit. Durch Debyeaufnahmen mit Eisenstrahlung wurde festgestellt, daß das NH_4AlF_4 mit dem kürzlich von Brosset[2] beschriebenen $TlAlF_4$ isomorph ist. Aus Aufnahmen mit zugemischtem NaCl als Eichsubstanz ergaben sich für die tetragonale Elementarzelle die Kantenlängen $a = 3{,}59$ und $c = 6{,}34 \pm 0{,}01$; für $TlAlF_4$ fand Brosset die Werte $a = 3{,}61$, $c = 6{,}37 \pm 0{,}01$.

Über Einzelheiten und die chemischen Eigenschaften des NH_4AlF_4 wird an anderer Stelle berichtet werden.

Berlin, Chemisches Institut der Universität, den 29. Juli 1938. Erich Thilo.

[1] W. Biltz u. E. Rahlfs, Z. anorg. Chem. 166, 370 (1927).

[2] C. Brosset, Z. anorg. Chem. 235, 139 (1927).

Über eine Strukturuntersuchung an Libethenit $Cu_2(OH)(PO_4)$.

Im Verfolg der strukturellen Ähnlichkeiten zwischen Andalusit $Al_2O(SiO_4)$ und Olivenit $Cu_2(OH)(AsO_4)$[1,2] konnte die bemerkenswerte Tatsache festgestellt werden, daß die bislang übliche Aufstellung des Olivenites zu verlassen ist und daß die beiden horizontalen Achsen zu vertauschen sind.

Es lag nun der Gedanke nahe, auch für Libethenit dieselbe Sachlage zu erwarten. Einige Versuche, mit ähnlichen Parametern wie für Olivenit, ebenfalls unter Vertauschung der beiden horizontalen Achsen, die Intensitäten für Libethenit zu berechnen, bestätigen diese Annahme.

Die genauen Parameterangaben erfolgen zu einem späteren Zeitpunkt.

Graz, Mineralogisches Institut, den 25. Juli 1938. H. Heritsch.

[1] H. Heritsch, Z. Kristallogr. 98, 351 (1937).

[2] H. Heritsch, Z. Kristallogr. 99, im Druck (1938).

Besprechungen.

HAITINGER, MAX, **Fluorescenz-Mikroskopie.** Ihre Anwendung in der Histologie und Chemie. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1938. VIII, 108 S. und 36 Abbild. 15 cm × 24 cm. Preis kart. RM 10.80.

Das Buch gibt in kurzer, dabei aber ausgezeichnet klarer Weise einen Überblick über die Möglichkeiten der Fluorescenzmikroskopie sowohl in der biologisch-chemischen Forschung als auch in Hinsicht auf die Nutzanwendung in technisch-industriellen Laboratorien. In zwar knapper, aber durchaus genügender Form werden zunächst Eigenfluorescenz und sekundäre Fluorescenz, im Anschluß daran die Grundlagen der Fluorescenzmikroskopie, schließlich die Entwicklung dieser Methodik von den ersten Anfängen bis zu den modernsten Apparaturen und den verschiedenen Ausbaumöglichkeiten mit ihren Vor- und Nachteilen besprochen. Es folgt die Schilderung der präparativen Techniken von histologischen Objekten für fluorescenzmikroskopische Beobachtungen.

Nach diesen Erörterungen werden die bis heute mit dieser Methode erzielten Ergebnisse ausgebreitet. Die Übersicht über das Material, das sowohl botanische als auch zoologische Objekte berührt und ebenfalls bereits für die Medizin eine gewisse Bedeutung erlangt hat, führt trotz alledem zu dem Schluß, daß eine im Vergleich zu den vorhandenen Möglichkeiten noch keineswegs entsprechend genützte Methode vorliegt. Ein großer Teil der mitgeteilten Ergebnisse stammt vom Verfasser selbst. Nur einige Beispiele für die Anwendungsmöglichkeiten seien hier angeführt. So ist eine Unterscheidung bestimmter Gewebselemente mit Hilfe der Fluorescenzmikroskopie leicht und schnell möglich. Weiterhin lassen sich durch Zusatz bestimmter Lösungen zu dem Präparat (z. B. Coriphosphin-Fuchsinlösung) Zellkern und Plasma infolge sekundärer Fluorescenz in verschiedenen Farben deutlich unterscheidbar darstellen. Allerdings sind die bisherigen Methoden zur Untersuchung der Zellstrukturen erst in allerletzter Zeit entwickelt worden und stellen nur den Anfang eines neuen, aussichtsreichen Arbeitsfeldes dar.

Besondere Bedeutung besitzt die Fluorescenzmikroskopie auch für Untersuchungen über den Stofftransport in der Pflanze. Gerade hier sind noch wertvolle Ergebnisse bei weiterer Verwendung und stetigem Ausbau dieser Methode zu erwarten. Ähnlich liegt es bei tierischen Objekten, die bisher sehr wenig in dieser Weise untersucht wurden. In der Medizin bestehen ebenfalls nur Ansätze in der Anwendung für diagnostische Zwecke und in der Virusforschung. Schließlich lassen sich chemisch-technische Produkte mit Hilfe der Fluorescenzmikroskopie untersuchen, wie z. B. bei der Unterscheidung der in der Textilindustrie verwendeten Fasern. Die Art der Darstellung weist immer auf die überall noch offenliegenden Probleme und die Vielzahl der möglichen Anwendungen hin.

Es ist dem Verfasser jedenfalls in besonders glücklicher Weise gelungen, sowohl in das Gebiet einzuführen, als auch die Möglichkeiten seiner Fortsetzung und Vertiefung durch zahlreiche Anregungen aufzuzeigen.

M. Gersch, Leipzig.

UYTERHOEVEN, W., (unter Mitarbeit von K. W. HESS), **Elektrische Gasentladungslampen.** Berlin: Julius Springer 1938. IX, 364 S. und 214 Abbild. 16 cm × 24 cm. Preis brosch. RM 34.–, geb. RM 36.40.

Es ist ein weiter Weg von Claudes erster Neonleuchtröhre und der alten Heräus-Quarz-Quecksilberlampe zu den Luminophorleuchtröhren, der Natriumlampe und der Superhochdrucklampe, der nur zurückgelegt werden konnte dank einer vorbildlichen Kombination von wissenschaftlicher Forschung und technischer Entwicklungsarbeit, einer Kombination, die auch die Gasentladungsforschung reich befruchtet hat. Wie immer die Entwicklung weitergehen wird, jedenfalls dürfte eben ein gewisser Abschluß erreicht und die Zeit für eine Überschau günstig sein. Deshalb ist es zu begrüßen, daß der Versuch einer zusammenfassenden Darstellung der Physik und Technik der Gasentladungslampen gemacht wurde. Es ist auch zu begrüßen, daß sich dieser Arbeit einer der Eindhovener Physiker unterzogen hat, und zwar unter weitgehender Beachtung der in Berlin auf diesem Gebiet durchgeführten Untersuchungen. Denn die Studiengesellschaft für elektrische Beleuchtung (Osram) in Berlin und das Natuurkundig Laboratorium der Philipswerke in Eindhoven sind weitaus an erster Stelle an den einschlägigen Entwicklungsarbeiten beteiligt.

Auf über 350 Seiten muß sich schon recht viel bis in die Einzelheiten und Feinheiten von Theorie und Praxis sagen lassen, trotz des recht umfangreichen, nur für den Fernerstehenden speziell klingenden Themas. Soweit es sich um die mehr praktischen Fragen handelt, ist denn auch dies Buch eine Fundgrube für Einzelangaben aller Art, die auch dem Kenner viel Interessantes bietet. Bei der Beurteilung der mehr physikalischen Teile wird man berücksichtigen müssen, daß auch sie in erster Linie bestimmt sind „für den Ingenieur oder Techniker, der mit den neuen Lampen in Berührung kommt", und daß deshalb theoretische Ausführungen nur in begrenztem Umfang, soweit sie eben zum Verständnis der Wirkungsweise der Gasentladungslampen unbedingt erforderlich sind, vom Verf. beabsichtigt waren. Gerade die Lösung dieser Aufgabe erfordert aber eine besonders sorgfältige Auswahl des Stoffes und vor allem eine klare Herausarbeitung der leitenden physikalischen Gedankengänge, und man wird in dieser Beziehung — gesehen von didaktischen Gesichtspunkten aus — nicht restlos befriedigt sein können. Alles in allem dürfte das Buch deshalb vorwiegend für Leser geeignet sein, die mit dem Thema schon einigermaßen vertraut sind und ungefähr wissen, wo sie die Einzelheiten zu suchen haben und wie sie sie zu einem geschlossenen Bild zusammenfügen können.

Die ersten drei Kapitel A—C sollen die erforderlichen Vorkenntnisse allgemeinerer Art vermitteln. Kapitel A gibt eine Übersicht über die Grundlagen der Elektronik, der Gastheorie und der Atomtheorie und über die für die Gasentladungsphysik wichtigsten Elementarprozesse. Man kann bezweifeln, ob es notwendig war, einem doch schon ausgewählten Leserkreis, wie er hier in Betracht kommt und sich überhaupt ernstlich für das Folgende interessieren wird, nun nochmals dieses ganze elementare Handwerkszeug bereitzulegen. Dasselbe gilt wohl auch für das Kapitel C über Licht und Sehen, mit Ausnahme eines hübschen Abschnittes über Farbenmetrik und der Abschnitte über gewisse praktisch photometrische Fragen. Im Kapitel B über Gasentladungen soll eine Übersicht über die zum Verständnis der folgenden Kapitel erforderlichen Dinge aus der Gasentladungsphysik gegeben werden. Es sei gestattet, hier auf einige Punkte hinzuweisen, wo Änderungen oder Ergänzungen nach Ansicht des Referenten für eine folgende Auflage des Buches von Vorteil sein können. In den Ausführungen über den Mechanismus der Zündung beschränkt sich der Verf., abgesehen von einigen skizzenhaften Bemerkungen über Mittel zur Erniedrigung der Zündspannung, auf die bekannte Zündtheorie kurzer Entladungsstrecken, in dem Abschnitt über den Kathodenfall bleiben die doch auch praktisch eine große Rolle spielenden Hohlkathoden unerwähnt. Nun weiß man zwar über die letzteren noch nicht sehr viel, und die Erforschung des Zündmechanismus langer Entladungsrohre ist eben erst ernstlich in Angriff genommen worden. Einiges ließe sich dazu immerhin schon sagen, und Hinweise auf die einschlägigen Probleme würden jedenfalls erwünscht sein. Von der Theorie der Säule wird zunächst nur die übliche ambipolare Diffusionstheorie behandelt und davon abgetrennt erst in den folgenden Kapiteln auf die Auflösung der Vorgänge in der Säule in die Elementarprozesse und auf die Theorie der thermischen Säule eingegangen. Es ist deshalb für den Anfänger nicht leicht, sich ein Urteil über die Geschlossenheit und Vollständigkeit der heutigen Säulentheorie zu bilden. Erschwert wird dies vermutlich noch dadurch werden, daß der Verf. die Gegenüberstellung von „Niederdruck-" und von „Hochdrucksäulen" abstellt auf eine Betonung der Rolle, die dabei die Kontraktion spielt, und daß diese Betonung eines zwar praktisch wichtigen, physikalisch aber letzten Endes doch recht nebensächlichen Merkmals leicht mißverstanden werden kann. Die folgenden Kapitel D und E über Gasentladungen bei niedrigem Druck und über Quecksilberlampen bei hohem und sehr hohem Druck, einschließlich eines Abschnittes über die Anwendung der Luminophore und über Mischlicht, bilden sachlich den Hauptteil des Buches. Sie enthalten viel Wertvolles über technische Einzelheiten, über Betrieb und Anwendung derartiger Lichtquellen sowie über Zahlenangaben, und aus ihnen wird auch der Kenner des Gebietes noch manches lernen können. In einem Anhang werden dann noch einige Ergänzungen, z. B. über die Terme des Na- und Hg-Spektrums, über die Elektrodynamik drosselstabilisierter Wechselstromentladungen usw. gebracht, die manchem Leser sicher erwünscht sein werden; nicht recht ersichtlich ist aber, wozu die Abschnitte über elementare Betrachtungen aus der Potentialtheorie und über die Wellenmechanik des Wasserstoffatoms dienen sollen. Ein Literatur- und Quellenverzeichnis — in dem bedauerlicherweise das deutsche Schrifttum arg stiefmütterlich behandelt worden ist — beschließt das Buch, dessen äußere Gestaltung wieder vorzüglich gelungen ist.

R. Seeliger, Greifswald.

BEURLEN, K., **Die stammesgeschichtlichen Grundlagen der Abstammungslehre.** Jena: Gustav Fischer 1937. VIII, 264 S. 16 cm × 25 cm. Preis geh. RM 9.—, geb. RM 10.50.

Die Abstammungslehre ist wie zu Zeiten Darwins auch heute noch eine der Kernfragen, die die biologische Forschung bewegen. Konnte sie, in wechselnder Form zwar, im Grunde aber unerschüttert, ein halbes Jahrhundert lang alles biologische Denken ausrichten, so befindet sie sich heute wieder in einem Stadium kritischer Betrachtung, das bis zu völliger Ablehnung geführt hat. So ist es kein Wunder, daß von verschiedenen Seiten zu diesen Problemen Stellung genommen wird. Zwei solche Arbeiten sind früher hier besprochen worden (Dacqué, Naturwiss. **1936**, 698; Schindewolf, Naturwiss. **1937**, 320). Beider Verff. sind Paläontologen, und dies gilt auch von dem nunmehr vorliegenden Buche. Das ist kein Zufall. Früher zwar war die Abstammungslehre eine in der Hauptsache botanisch-zoologische Angelegenheit, bei der man die Ergebnisse paläontologischer Forschung entweder nicht beachtete oder, soweit sie sich den auf anderem Wege gewonnenen Überzeugungen nicht einfügten, bagatellisierte. Bestenfalls aber wurden sie nachträglich als Beweismittel zugelassen. Tatsächlich ist es aber die Paläontologie und sie allein, die sich mit den *Urkunden* der Geschichte des Lebens beschäftigt, von denen daher jede Abstammungslehre ausgehen sollte. Dieser vom Ref. für die botanische Seite der Frage immer wieder betonte Standpunkt wird auch von Beurlen zum Ausgangspunkt gemacht. Dabei enthält sein Buch eine solche Fülle von Tatsachen, Zusammenfassungen und Klarstellungen, daß es nicht möglich ist, dem im Rahmen einer kurzen Besprechung gerecht zu werden (im N. Jb. f. Min. usw. **1937** III, 1071 braucht Dacqué z. B. 17 Seiten dazu!). Nur ganz kurz kann der reiche Inhalt angedeutet werden. Der erste Abschnitt behandelt die „geistesgeschichtlichen Grundlagen der Abstammungslehre". Klar stellt der Verf. hier heraus, wie ihre beiden Formen (Darwin, Lamarck) zeitgebunden und durch die Wesensart der Menschen bedingt waren. Die Überwindung der mechanistischen Denkweise auf der einen, die Ergebnisse der Erbforschung auf der anderen Seite haben dazu

geführt, die Abstammungslehre überhaupt abzulehnen. Ihre Begründung muß daher erneut versucht werden, und das ist nur durch ihre *historische Entwicklung* möglich. Diese führt zur Erkenntnis einer „Eigengesetzlichkeit des stammesgeschichtlichen Ablaufes", zu deren Wesen die Irreversibilität, die phyletische Größensteigerung und die Orthogenese gehören. In ihnen prägt sich eine fortschreitende Wandlung der Stämme aus, die jeder mechanistischen, die organischen Formen allein von der Umwelt her erklärenden Anschauung widerspricht. Die einzelnen Formen dieses Ablaufes werden weitgehend durch den jeweiligen Gestalttypus bestimmt, wobei jede Erscheinungsform ihre zeitlich ganz bestimmte Stelle hat. Dies wird am Beispiel der Cephalopoden eingehend dargelegt. Dabei sind Art, Gattung usw. nicht einfach eine Summe von Einzelwesen oder Abstraktionen solcher, sondern reale phyletische Einheiten; der Organismus ist „ganzheitlich" aufgebaut. Damit erhält die Typenlehre der idealistischen Morphologie einen konkreten Hintergrund. Als phyletische Gestalt ist also die phyletisch-systematische Einheit der individuellen Gestalt übergeordnet: jedes Lebewesen ist nicht nur Einzelwesen, sondern zugleich Teil eines höheren Ganzen. Erst wenn wir von dieser Art- oder Rassenganzheit ausgehen, werden die Äußerungsformen allen Lebens richtig verständlich. Ihr sind ähnlich dem Einzelwesen (Jugend, Alter) eine Frühphase mit jugendlich plastischer Entfaltung und eine Spätphase eigen, in der infolge einseitiger Spezialisierung schließlich das Aussterben erfolgt. Das ist ein historischer Vorgang, dessen einzelne Stufen dadurch gekennzeichnet sind, daß zu dem Vorhandenen jeweils Neues hinzutritt. Indem nun aber die phyletischen Einheiten einander übergeordnet sind, von der Art bis zu einer letzten, das gesamte Leben umfassenden Ganzheit, erhält die organische Natur eine „enkaptische" (ineinander geschachtelte) Struktur. Dies führt zu einer Auffassung, wie sie in primitiver Form schon die alte „Präformationslehre" darstellt, indem die stammesgeschichtliche Entfaltung vorausbestimmt und zwangsläufig ablaufend erscheint und damit keine echte historische Entwicklung darstellen würde. Die Lösung dieses scheinbaren Widerspruches bringen die weiteren Abschnitte, ausgehend von der Denkweise des Heraklit und Parmenides. In ihnen erkennt Verf. die polare Gegensätzlichkeit zweier Erlebnis- und Erkenntnismöglichkeiten, die der menschlichen Natur innewohnen, deren Zusammenklang aber erst die volle Wirklichkeit ergibt. Diese Synthese fehlt, solange man das organische Geschehen für sich, d. h. losgelöst von der Umwelt, betrachtet, andererseits die Stammesgeschichte nur rein morphologisch analysiert. Die Entwicklung erschöpft sich *nicht* in einer Entfaltung schon vorhandener Anlagen, vielmehr treten unter Einfluß der Umwelt neue Momente hinzu, die den Gang der Umbildung bestimmen und ökologisch sinnvoll gestalten. Es ist das Problem der „Anpassung", das hier auftaucht. Diese ist aber nicht das treibende Element der phyletischen Entwicklung, vielmehr ist es der Organismus selbst, der auf die Eingriffe der Umwelt als deren aktives Zentrum reagiert. Das wird als „aktive Umkonstruktion" bezeichnet, die nicht eine Rückkehr zum alten Lamarckismus bedeutet. Sie entspricht dem, was in der Vererbungslehre als Modifikation bezeichnet wird. Diese ist nicht Gegenstand dieser Wissenschaft, die gegenüber dem eigentlichen Artbildungsproblem versagt hat und es zufolge ihrer andersartigen Voraussetzungen auch gar nicht lösen kann. Das stammesgeschichtliche Tatsachenmaterial führt zu dem Schluß, daß Modifikationen zu aktiven und dann erblichen Umformungen werden, die sich im Rahmen des Anlagengefüges des Ausgangstypus vollziehen. Sonach ist innerhalb des phyletischen Zyklus eine wirkliche historische Entfaltung vorhanden, bleibt aber zunächst innerhalb des Typus. Es entsteht daher die Frage nach der Entstehung der Typen selbst als das Grundproblem der Abstammungslehre. Wie kann in einem in sich geschlossenen phyletischen Zyklus der normale, orthogenetische Gang unterbrochen werden und daraus ein neuer mit neuem Anlagen- und Organisationsgefüge entstehen? Daß dies die entscheidende Frage ist, wird durch den paläontologischen Befund der Spezialisationskreuzungen empirisch bestätigt. Daraus hat man geschlossen, daß die Typen unabhängig nebeneinander stehen (Dacqué, Troll), was zur Aufgabe der Abstammungslehre überhaupt führen muß. Damit aber steht der paläontologische Befund in scharfem Widerspruch. Beurlen zeigt dies für die Wirbeltiere; es gilt ebenso für die höheren Pflanzen. Die Typen schließen zeitlich aneinander an und bauen morphologisch wie ökologisch aufeinander auf. Am Beispiel der Echinoideen wird dargelegt, daß es neben der Orthogenese noch eine zweite Äußerungsform der Entwicklung gibt, die als „Neomorphose" zur Bildung des neuen Typus führt. Sie steht der Orthogenese polar gegenüber, und in ihr äußert sich der das Leben beherrschende Wille zur Eigengestaltung, dessen ursprünglichster Ausdruck die sexuelle Fortpflanzung ist. Die somatische Individualisierung steht ihr gegenüber. Orthogenese und Ontogenese führen letztlich in immer stärkere Determiniertheit, während der phyletische Entwicklungsgang aus dieser herausführt. So erscheint Beurlen die Abstammungslehre als „die einzige Vorstellung, welche eine logisch kausale Erforschung des Organischen ermöglicht" und „die einzige biologische Lehre, die mit der unmittelbaren Erfahrung, mit den Tatsachenbefunden in Einklang steht".

Der Schlußabschnitt begründet die gewaltige Bedeutung, die Verf. der Abstammungslehre als Weltanschauungsgrundlage beilegt.

Bruchstückhafte Andeutungen, mehr konnte nicht gegeben werden. Sie sollten aber jeden, der diesen Dingen zugänglich ist, veranlassen, Beurlens Buch zur Hand zu nehmen. Er soll sich auch nicht durch den nicht immer ganz leichten Stil abschrecken lassen. Es werden viele Fremdworte gebraucht, was aber die logische Klarheit fördert, und ebenso sind manche speziellen Einzeldinge als Begründung der allgemeinen Ergebnisse wichtig. Zahlreiche Begriffe werden dabei kritisch untersucht und in ihrem wahren Inhalt erkannt; der Abstammungslehre wird eine neue Grundlage gegeben und die Bedeutung der Paläontologie ins Licht gesetzt. Damit ist Beurlens Buch einer der wertvollsten Beiträge zur allgemeinen Biologie, an dem künftige Darlegungen zur Stammesgeschichte unmöglich vorbeigehen können. R. Kräusel, Frankfurt a. M.

GROEBBELS, FRANZ, **Der Vogel.** II. Band, **Geschlecht und Fortpflanzung.** Berlin: Gebr. Borntraeger 1937. XVI, 547 S. und 141 Abbild. 17 cm × 26 cm. Preis RM 45.—, geb. RM 50.—.

Das Buch ist ohne Zweifel als kompilatorisches Werk von größter Bedeutung. Die Vollständigkeit seines Schriftennachweises macht es an sich schon zu einem ganz unschätzbaren Nachschlagewerk, enthält doch das Literaturverzeichnis des 2. Abschnittes allein 4032 Angaben. Die Übersicht über das verwertete Schrifttum wird durch seine Anordnung nach „abgehandelten Fragen" und durch ein vollständiges alphabetisches Verzeichnis dieser Fragen in vorbildlicher Weise erleichtert. Die Anordnung des Stoffes geschah nach drei

großen Abschnitten: 1. Das Geschlecht, 2. Die Fortpflanzung (ausschließlich des Brutparasitismus), 3. Der Brutparasitismus. Als Physiologe hat sich der Autor, wie auch schon im Vorwort angekündigt, den Fragen der Physiologie, aber auch denen der Morphologie und Histologie mit viel größerer Ausführlichkeit gewidmet, als denen der „reinen Biologie". So ist im ersten Abschnitt die Hormonphysiologie der Fortpflanzung und insbesondere die der Entstehung sekundärer Geschlechtscharaktere mit sehr großer Genauigkeit abgehandelt, während die Besprechung der genetischen Geschlechtsbestimmung und des Geschlechtschromosoms sehr kurz ausfällt und auch im Text kaum mehr als einen Schriftennachweis bringt. Im 2. Abschnitt vermißt man in dem Kapitel über die Biologie der Anpaarung und Begattung jegliche Angabe über die nicht nur psychologisch und allgemeinbiologisch, sondern gerade reizphysiologisch so interessanten und zum Teil auch schon recht genau analysierten Vorgänge der gegenseitigen Auslösung spezifischer Instinkthandlungen bei beiden Geschlechtspartnern. Gerade aus diesen Vorgängen besteht aber die Anpaarung und Begattung. Die Probleme visueller Anpassung (Süffert), die bei der Erforschung der Auslösung von Instinkthandlungen beim Geschlechtspartner immer wieder auftauchen, werden nicht einmal erwähnt. Ebenso, wie später bei der Besprechung des Nestbaues, wird hier nur der Enderfolg arterhaltender Instinkthandlungen, nicht aber die Handlungen selbst und damit das kausale Zustandekommen dieses Erfolges behandelt. Die Beschreibung der physiologischen Vorgänge bei der Entstehung, Befruchtung und Bebrütung des Vogeleies ist sehr ausführlich, während die Morphologie der Entwicklung nach Ansicht des Ref. in unverhältnismäßig gedrängter Form dargestellt ist. Von den Vorgängen bei der Gastrulation und der Bildung der Eihäute dürfte sich ein nicht gründlich vorgebildeter Leser nach den gemachten Angaben kaum ein wirkliches Bild machen können. Auch in der Entwicklungsgeschichte des Vogeljungen kommt die Morphologie neben der Physiologie wohl doch zu wenig zu Worte. Aufschlußreich, übersichtlich und ausführlich ist schließlich der ganze 3. Abschnitt über den Brutparasitismus.

Bei der räumlichen Beengung, die dem Bearbeiter eines so großen Gebietes notwendigerweise auferlegt ist, kann es nicht umgangen werden, daß die Art der Darstellung beim Leser gewisse Voraussetzungen macht, die Ausführung von Selbstverständlichem muß fortbleiben. Daher darf sicher auch unter Umständen die Kenntnis einer Regel vorausgesetzt werden und der Ausnahmefall ohne weiteren Kommentar besprochen werden. Dennoch will es Ref. scheinen, als ob über der Besprechung interessanter Regelwidrigkeiten manchmal auch solche Regelfälle vernachlässigt werden, deren Besprechung wichtig wäre. So finden wir $11\frac{1}{2}$ Seiten über abnorme Eibildungen, über 2 Seiten Kleindruck über Vogelarten, die je in ein gemeinsames Nest legten, usw. usw., aber z. B. nur je $1\frac{1}{2}$ Seiten über Geschlechtschromosom und Eihautentwicklung. Vor allem aber wird vom Leser stets vorausgesetzt, daß er genau wisse, was Ausnahmefall und was Regel sei. So finden sich unter der Aufzählung sehr vieler Vogelarten, die zwei Bruten im Jahre machen, sowohl Ringeltaube und Ziegenmelker, die das regelmäßig tun, wie auch die Stockente, die normalerweise nur einmal jährlich brütet. So weiß nun Ref. bezüglich der ihm in ihrem Brutverhalten unbekannten aufgeführten Arten nicht, ob zweimaliges Brüten für sie Ausnahmefall oder Regel sei. Dieselbe Frage mußte sich Ref. noch an mehreren anderen Stellen des Buches vorlegen. Wenn S. 402, um nur noch ein Beispiel anzuführen, aus der Gruppe der Anatiden als im männlichen Geschlechte brutpflegend die Arten Tadorna tadorna, Spatula clypeata, Anas platyrhyncha, acuta, crecca, querquedula cyanoptera, sibilatrix, Bucephala clangula, Oxyura leucocephala, Nyroca marila und Mergus merganser angeführt werden, so ist damit doch sicher gemeint, daß männliche Brutpflege bei ihnen *als Ausnahmefall* festgestellt wurde. Nur ist es dann schade, daß irrtümlich zwei wirklich regelmäßig im männlichen Geschlecht brutpflegende Formen, nämlich Tadorna tadorna und Mareca sibilatrix mit angeführt werden. Auch die Männchen von Oxyura sind wahrscheinlich brutpflegend.

Noch in einer zweiten Beziehung setzt das Buch von seinem Leser sehr viel voraus: Es werden sich widersprechende Literaturangaben in einer an sich zweifellos höchst lobenswerten Objektivität nebeneinandergestellt und es bleibt dem Leser überlassen, welcher Meinung er sich anschließt. Dies bringt auch für den fernerstehenden Leser keine Gefahr der Irreführung mit sich, solange es sich um Angaben handelt, die sich zwar widersprechen, aber in bezug auf ihre Glaubwürdigkeit gleichwertig sind. Wenn so z. B. S. 337 ohne weiteren Kommentar hintereinander angegeben wird, daß im Sperma des Hahnes je Kubikzentimeter 4 Millionen Spermien nachgewiesen wurden und daß eine Ejakulation 4 Milliarden Spermien enthalte, so ist es dem Leser klar, daß eine der beiden Angaben unrichtig sein muß, da ein Liter Sperma je Begattung sicher unmöglich ist; der Widerspruch ist klar, der speziell interessierte Leser wird sich informieren. Wenn aber bezüglich der merkwürdigen und, soviel Ref. weiß, nur für die Waldschnepfe wirklich einwandfrei experimentell nachgewiesenen Reaktion des Wegtragens von Jungen neben guten und kritisch angestellten Beobachtungen als gleichwertig Angaben zitiert werden, nach denen Haussperlinge ihre Jungen auf dem Rücken (!) fortgetragen haben und Auerhennen mit einem Ei im Schnabel (!) gesehen worden sein sollen, so kann diese Nebeneinanderstellung Schaden stiften. Der kritische und nur einigermaßen vogelkundige Leser wird, woferne er nicht schon vorher im Bilde war, auch den richtigen Angaben mißtrauen, der weniger kritische Fernerstehende wird die Märchen als bare Münze nehmen. Ein besonders wichtige Fragen betreffender und darum dem Ref. besonders bedauerlich erscheinender Fall einer etwas andersartigen schiefen Gegenüberstellung sei noch zitiert: Wir verdanken E. Selous eine Arbeit, die für den Kampfläufer, Philomachus pugnax, das Vorhandensein geschlechtlicher Zuchtwahl im engsten Sinne Darwins rundweg beweist. Dem wird entgegengestellt, daß es sich nach Portielje nicht um eine richtige Wahl des Weibchens handle, sondern um ein passives Erregtwerden des Weibchens durch die Kragenfärbung eines Männchens und um ihre Assoziation mit einem bestimmten Balzplatz. „Das Kernproblem dieser Frage", schreibt Groebbels abschließend, scheint mir doch zu sein, ob hier alle Männchen zu einem Weibchen kommen, ob Männchen übergangen werden und ob diese in ihren sekundären Geschlechtsmerkmalen zurückstehen." Gerade *das* ist aber von Selous unwiderleglich nachgewiesen und vor allem auch von Portielje nie bestritten worden. Beides geht aus dem Gesagten keineswegs hervor. Auch werden merkwürdigerweise die Untersuchungen von Cinnat-Thompson, die den experimentellen Nachweis für den gleichen Vorgang beim Wellensittich, Melopsittacus undulatus, erbrachten, nicht zitiert.

Recht merkwürdig sind bestimmte, allgemein naturphilosophische Spekulationen, die das Kapitel über

Fortpflanzungs- und Verlustquote einleiten: „Die Natur hat in weiser Voraussicht, im Interesse der Vögel selber, dafür gesorgt, daß aus dem überschießenden Angebot nur ein bestimmter Teil der Fortpflanzung zugeführt wird, sie treibt in ihrer Art quantitative und qualitative Eugenik, nicht, wie ich glauben möchte, zur Züchtung neuer Rassen und Arten, sondern zur Stärkung vorhandener, zur Züchtung in die Rasse hinein ... Wir finden zunächst einmal unbefruchtete Eier, und das bei zahlreichen Vogelarten ... Der brütende Vogel kann ein Ei seines Geleges beiseite schieben oder auch nach dem Schlüpfen der ersten Jungen den Rest seines Geleges einfach im Stiche lassen ... usw." Ref. glaubt, daß nur sehr wenige Biologen mit dem Autor im Vorhandensein eines unbefruchteten Eies oder im Verlassenwerden eines Geleges die Verwirklichung einer „Absicht der Natur" erblicken werden.

Durch die Kritik an einigen Einzelheiten soll das Verdienst des ganzen Werkes keineswegs geschmälert werden: Es ist sicher ein Nachschlagewerk erster Ordnung, dessen Benutzung als Handbuch im buchstäblichen Sinne des Wortes jedem Fachmann unschätzbare Dienste leisten wird. Für einen der Vogelkunde fernerstehenden Leser allerdings ist das Buch nicht geschrieben, ja an einigen Stellen geradezu irreführend.

K. Lorenz, Altenberg (Niederösterreich).

Astronomische Mitteilungen.

Sonneneruptionen und ionosphärische Störungen.

Unter diesem Titel erschien eine Arbeit von M. Waldmeier, Zürich, deren Gegenstand die nähere Untersuchung von Dellingers bedeutungsvoller Entdeckung des ionosphärischen Ursprunges der Kurzwellenstörungen und des Zusammenhanges derselben mit den Tätigkeitsherden auf der Sonne ist [Z. Astrophysik **14**, 229 (1937)]. Es seien zunächst die untersuchten Phänomene kurz charakterisiert: Im drahtlosen Verkehr über große Entfernungen treten innerhalb des Bereiches der Kurzwellen (Wellenlänge bis zu 50 m) plötzlich einsetzende Schwunderscheinungen (Fadings) bis zum völligen Versagen des Empfanges auf. Die Dauer dieser totalen Fadings beträgt 10—20 Minuten. Sie sind ausnahmslos nur auf der jeweiligen Tagesseite der Erde zu beobachten. Im Jahre 1935 konnte Dellinger den Nachweis erbringen, daß diese Schwunderscheinungen durch Störungen in der Ionosphäre der Lufthülle unserer Erde verursacht werden und daß die Ursache der ionosphärischen Störungen wiederum in vielen Fällen in Eruptionen innerhalb der Sonnenchromosphäre zu suchen ist [Physic. Rev. **48**, 705 (1935)]. Ein Bericht über die neueren Forschungsergebnisse bezüglich der Sonnenprotuberanzen wurde vom Ref. unlängst in dieser Zeitschrift gegeben [Naturwiss. **25**, 814 (1937)], so daß hier auf diese nicht nochmals näher eingegangen zu werden braucht.

Die Ionosphäre setzt sich bekanntlich aus mehreren Schichten zusammen, unter denen die wichtigsten die sog. *E*-Schicht in rund 100 km Höhe und die *F*-Schicht, beginnend in etwa 200 km Höhe, sind. Die fundamentale Bedeutung des Vorhandenseins dieser ionisierten Zonen (Heaviside-Schicht) für die Ausbreitung der elektromagnetischen Rundfunkwellen liegt — was wohl auch als allgemein bekannt vorausgesetzt werden kann — darin, daß sie als elektrische Leiter die Wellen reflektieren, wodurch überhaupt erst ein Rundfunkempfang auf größere Entfernungen möglich ist. Eine Änderung des Ionengehaltes hat, wie man unmittelbar einsieht, auch ganz allgemein eine Änderung in der Stärke der Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen zur Folge. Während eines Kurzwellenfadings ist die Ionisation erhöht.

M. Waldmeier zeigt nun in der genannten Arbeit an Hand des von der Züricher Sternwarte im „Bulletin for character figures of solar phenomena" gesammelten Beobachtungsmaterials, *daß eine auffallende Koinzidenz zwischen den größeren Sonneneruptionen und den Kurzwellenfadings besteht.* Hiermit sowie durch eine Reihe japanischer Arbeiten, eine neuere Untersuchung Dellingers und eine solche von Newton und Burton [M. N. **97**, 594 (1937)] in erster Linie ist also erneut der wichtige Nachweis erbracht, daß die ionosphärischen Störungen in der Hauptsache solaren Ursprungs sind. Diese Koinzidenzen können — wie Waldmeier hervorhebt — keine zufälligen sein, da sie zehnmal häufiger auftreten, als es bei einem zufälligen Zusammenfallen von Fadings und Sonneneruptionen der Fall sein würde. Es wird geschätzt, *daß mindestens 80% aller Fadings durch Sonneneruptionen bewirkt werden.* Eine weitere Stütze für die Annahme, daß die ionosphärischen Störungen von der Sonne ausgehen, ist in den beiden Tatsachen zu sehen, daß die Kurzwellenfadings, wie schon erwähnt, ausschließlich auf der Tagseite der Erde auftreten und daß außerdem ihre Stärke eine Funktion der Sonnenhöhe ist. Die stärksten Schwunderscheinungen werden an den Orten beobachtet, die die Sonne im Zenit haben.

Von verschiedenen Seiten ist bei der Untersuchung des Phänomens der Schluß gezogen worden, daß die Häufigkeit der Fadings entsprechend der doppelten synodischen Umlaufsdauer der Sonne einer Periode von 54 Tagen folgt. Eine derartige Häufigkeitsperiode konnte dagegen von Waldmeier auf Grund der statistischen Bearbeitung des ihm zur Verfügung stehenden Materials nicht bestätigt werden. Wohl aber ergab sich eindeutig eine sehr wesentliche Schlußfolgerung auf die Natur der fadingerzeugenden Sonnenstrahlung: *Die Schwunderscheinungen und die zugehörigen Sonneneruptionen fallen zeitlich fast zusammen, so daß die ionosphärischen Störungen von einer sich mit Lichtgeschwindigkeit fortpflanzenden Wellenstrahlung ausgelöst werden und nicht etwa durch Korpuskularstrahlen*, deren Laufzeit von der Sonne zur Erde eine ohne weiteres auffallende zeitliche Differenz zwischen Eruptionen und Fadings zur Folge haben müßte. Außerdem müßten im Falle der korpuskularen Strahlung (außer bei der energiereichsten kosmischen Strahlung) wegen der Ablenkung im Magnetfeld der Erde die Fadings einen ausgesprochenen Breiteneffekt zeigen, der aber in dem erforderlichen Sinne (wachsende Stärke der Schwunderscheinungen mit zunehmender Breite) nicht beobachtet wurde.

Die in Frage kommende Strahlung liegt im äußersten Ultraviolett bei den Wellenlängen von etwa 600 bis 1000 ÅE. Die Einzelheiten des Vorganges der Ionisation sind noch wenig erforscht. Merkwürdigerweise tritt die Erhöhung des Ionisationszustandes anscheinend *unterhalb* der *E*-Schicht auf, so daß anzunehmen ist, daß die Wellenlänge der fadingerzeugenden Strahlung wesentlich von der abweicht, die die allgemeine normale Ionisation hervorruft[1].

[1] Von Wichtigkeit für die weitere Erforschung des Phänomens dürfte die auch von Waldmeier (l. c. S. 239) erwähnte Beobachtung R. Bureaus sein, daß während einer Sonneneruption *der Radioempfang auf langen Wellen verstärkt wird* — genau die entgegengesetzte Erscheinung also wie bei den Kurzwellen!

Weitgehend ungeklärt ist noch das rein astrophysikalische Problem, das durch die Entdeckung dieses Zusammenhanges aufgeworfen wird, nämlich die Frage nach der Entstehung einer derart starken Ultravioletts trahlung auf der Sonne. *Zur Erzeugung der ionosphärischen Störungen muß die von der Sonne ausgehende Ultravioletts trahlung eine Million mal größer sein, als sie sich nach dem Planckschen Gesetz mit einer effektiven Temperatur von 6000° berechnet.* Es läßt sich zur Zeit noch kein Vorgang auf der Sonne angeben, der eine derartige zeitweise Erhöhung der Strahlungsintensität im Ultraviolett zur Folge haben könnte. Die als Quellen dieser Strahlung in Frage kommenden Eruptionen zeigen zwar in ihren Spektren wesentlich intensivere Emissionslinien als die übrige Chromosphäre, so daß eine merkliche Zunahme der Intensität auch der den direkten Beobachtungen nicht zugänglichen Ultravioletts trahlung zu vermuten ist, die aber doch bei weitem nicht ausreichen dürfte. Es läßt sich nur so viel sagen, daß der Ursprung der die Kurzwellenfadings erzeugenden starken Ultravioletts trahlung in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle in den innerhalb der Chromosphäre auftretenden Sonneneruptionen zu suchen ist, daß aber vorläufig für die Entstehung dieser Strahlung noch kein plausibler Grund angegeben werden kann.

Das Doppelsternsystem Epsilon Aurigae.

Zwei der helleren Sterne im Sternbild Fuhrmann — ε und ζ Aurigae — sind Bedeckungsveränderliche, bei denen die Untersuchung des Lichtwechsels zu Ergebnissen geführt hat, die in vieler Hinsicht bedeutungsvoll und interessant sind. ε und ζ Aurigae sind beides „Überriesen", und es war möglich, auf Grund der spektralen und photometrischen Beobachtungen wichtige Aufschlüsse über die Zusammensetzung und den physikalischen Aufbau der Atmosphären dieser Sterne zu erhalten, über ihre Dimensionen, Massen und Dichten, woraus weiterhin wichtige Schlußfolgerungen bezüglich der kosmogonischen Stellung derartiger Übergiganten gezogen werden können.

Die Diskussion und Deutung des Lichtwechsels von ε Aurigae ist Gegenstand einer kürzlich erschienenen ausführlichen Arbeit von G. F. Kuiper, O. Struve und B. Strömgren, über die hier berichtet werden soll [Astrophys. J. **86**, 570 (1937)]. Dieser Stern wurde zuerst von Fritsch in Quedlinburg im Jahre 1821 als veränderlich erkannt. Das seitdem bis zum Jahre 1903 angesammelte Beobachtungsmaterial wurde von Ludendorff bearbeitet, der eine Periode des Lichtwechsels von rund 27 Jahren erhielt — ein für einen Bedeckungsveränderlichen außerordentlich hoher Wert. In neuerer Zeit hat u. a. M. Güssow[1] auf Grund ihrer eigenen lichtelektrischen Messungen und denen von Stebbins und Huffer eine Lichtkurve abgeleitet. Die Periode beträgt hiernach 27,077 Jahre, die Amplitude des Lichtwechsels 0,8 Größenklassen. Nachdem die unter der Voraussetzung eines Bedeckungslichtwechsels gemachte Voraussage eines Minimums für das Jahr 1928 eingetroffen war, bestand kein Zweifel mehr, daß wir es in ε Aurigae mit einem Doppelsternsystem zu tun haben, dessen schwächere Komponente einmal während der Umlaufsperiode von 27 Jahren in die Gesichtslinie zwischen uns und die hellere Komponente tritt und dadurch den beobachteten Lichtwechsel hervorruft. Während des Minimums ist die Helligkeit nahezu konstant, abgesehen von sekundären Schwankungen, die auch im Helligkeitsmaximum auftreten, wahrscheinlich unperiodisch sind und deren Amplitude veränderlich ist. Die Dauer der Bedeckung der helleren Komponente durch die schwächere beträgt etwa 800 Tage.

Die hier kurz mitgeteilten Daten fügen sich — abgesehen von der ungewöhnlich langen Periode — recht gut in das „normale" Bild eines Bedeckungsveränderlichen ein. Dies gilt jedoch nur solange, als man den spektroskopischen Befund unberücksichtigt läßt, der zunächst überraschenderweise keine Veränderungen des Spektraltyps während des Lichtwechsels zeigt, woraus man schließen müßte, daß die beiden Komponenten vom selben Spektraltyp sind (F2-Übergiganten). Im Widerspruch dazu steht jedoch die Tatsache, daß auf Grund der photometrischen Elemente sich das Verhältnis der Flächenhelligkeiten der beiden Sterne zu 0,01 bis 0,1 ergibt (0,01 bei einer Bahnneigung von 76°, 0,1 bei einer solchen von 90°). Einer derart großen Differenz in den Flächenhelligkeiten müßte aber ein ebenfalls merklicher Unterschied in den Spektraltypen entsprechen, der sich zumindest während der totalen Bedeckung offenbaren würde. Nimmt man dagegen andererseits an, daß die beiden Komponenten in Wirklichkeit gleich hell sind, so bleibt es unverständlich, daß außerhalb des Minimums keine Verdoppelung der Spektrallinien infolge der verschiedenen Radialgeschwindigkeiten der beiden Sterne beobachtet wird. Eine weitere Schwierigkeit, die sich der Annahme eines normalen Bedeckungslichtwechsels entgegenstellt, besteht darin, daß die Spektrallinien eine unsymmetrische Verbreiterung zeigen, die kurz vor dem ersten Kontakt der Bedeckung einsetzt und während derselben Veränderungen aufweist, derart, wie sie durch die Atmosphäre der in Rotation befindlichen bedeckenden Komponente verursacht sein könnten.

In der oben zitierten Arbeit versuchen nun Kuiper, Struve und Strömgren die angeführten Eigentümlichkeiten zu erklären, indem sie folgende Vorstellung vom System ε Aurigae und dem den Lichtwechsel hervorrufenden Mechanismus entwickeln: Unter der Annahme, daß die Masse der sichtbaren Komponente vom Spektraltyp F 2 durch die empirische Masse-Leuchtkraftbeziehung bestimmt ist, kann mit Hilfe der photometrischen Daten das Massen- und Radienverhältnis der beiden Sterne abgeleitet werden. Die Sterne sind Übergiganten, und zwar beträgt der Radius der unsichtbaren Komponente $R_1 = 2 \times 10^{14}$ *cm, das sind rund 3000 Sonnenradien, der der sichtbaren berechnet sich zu* $R_1 = 1{,}4 \times 10^{13}$ *cm (200 Sonnenradien). Die Massen sind annähernd gleich und betragen für jeden Stern rund 32 Sonnenmassen.* Die Neigung der Bahn läßt sich exakt nicht angeben, es kann aber ein wahrscheinlicher Wert abgeleitet werden, der sich zu rund 70° ergibt. Daraus folgt, *daß die das Minimum des Lichtwechsels hervorrufende Bedeckung eine streifende ist, derart, daß nur die äußeren Teile der Atmosphäre der zweiten Komponente das vom F-Stern kommende Licht um den beobachteten Betrag von 0,8 Größenklassen schwächen.* Von der Erde aus gesehen geht während der Bedeckung der rund 14mal kleinere F-Stern hinter der Atmosphäre des zweiten Sternes vorüber. Die tiefste Schicht der Sternatmosphäre, die das Licht dabei durchdringen muß, liegt nur um $^1/_{10}$ des Radius der unsichtbaren Komponente unterhalb der äußeren Begrenzung.

Die effektive Temperatur des sichtbaren Sternes beträgt entsprechend dem F2-Spektrum 6300° abs., die der unsichtbaren Komponente wurde dadurch bestimmt, daß man aus der oben angegebenen Masse die absolute Leuchtkraft mit Hilfe der Masse-Leuchtkraftbeziehung ableitete. Da der Radius des Sternes bekannt ist, liefert das Stefan-Boltzmannsche Gesetz dann die effektive

[1] Veröff. Babelsberg **11**, H. 3 (1936).

Temperatur zu *1200° abs. — das ist die niedrigste Temperatur, die bisher bei einem Fixstern festgestellt wurde.*

Die Hauptschwierigkeit aber, die auch durch die oben angeführten Annahmen über die Bahn des Doppelsternsystems noch nicht beseitigt werden konnte, besteht darin, daß nach den Beobachtungen der Helligkeitsabfall zum Minimum sehr steil ist, und daß im Minimum selbst — abgesehen von den bereits genannten sekundären Schwankungen — die Helligkeit konstant ist. Wenn die Lichtschwächung durch die gewöhnliche Atmosphäre des unsichtbaren Sternes erzeugt würde, so könnte kein breites, konstantes Minimum entstehen, da dann die Weglängen, die das Licht in der absorbierenden Schicht durchläuft, während der verschiedenen Phasen der Bedeckung stark voneinander abweichen würden und entsprechend natürlich auch die Gesamtabsorptionsbeträge, so daß man ein ausgeprägtes spitzes Minimum beobachten würde. Wie die Autoren der zitierten Untersuchung hervorheben, kann die beobachtete Lichtkurve nur dadurch zustande kommen, *daß die Atmosphäre des bedeckenden Sternes für das Licht des F 2-Sternes durchsichtig ist, abgesehen von einer relativ dünnen Schale, in der die Materie vereinigt ist, die das Licht absorbiert.* Die Annahmen über die Natur der in dieser Kugelschale der Atmosphäre des unsichtbaren Sternes vorhandenen Materie erfahren eine wesentliche Einschränkung dadurch, daß die Absorption nicht-selektiv ist, d. h. für alle Wellenlängen gleich stark. Nichtverfärbende Absorption kann aber in erster Linie nur durch ein Elektronengas oder durch eine Wolke abdeckender Partikel hervorgerufen werden. Die Autoren entscheiden sich für den ersteren Fall und nehmen dementsprechend an, *daß in der Atmosphäre des bedeckenden Sternes eine ionisierte Zone vorhanden ist, die man in roher Analogie etwa mit der Ionosphäre der Lufthülle unserer Erde vergleichen könnte.* Mit dieser Hypothese findet erstens das beobachtete konstante Minimum seine Erklärung, denn nun sind die Lichtwege innerhalb der relativ dünnen absorbierenden Schale praktisch gleich während der verschiedenen Phasen der Bedeckung. Außerdem werden dadurch auch die während des Minimums auftretenden Linienverschiebungen und Intensitätsänderungen erklärt: Die Linien entstehen in der „Ionisationsschale" des bedeckenden Sternes. Aus der Verschiebung der Linien ergibt sich eine Rotationsgeschwindigkeit von 50 km/sek am Äquator.

Über die Entstehung dieser Ionisationsschicht werden dieselben Annahmen gemacht, wie man sie im wesentlichen auch zur Deutung der Ionosphäre unserer Erdlufthülle heranzieht: Die ultravioletten Bestandteile des vom F 2-Stern in die Atmosphäre der zweiten Komponente eindringenden Lichtes ionisieren die dort vorhandenen Atome (photoelektrische Ionisation). Entsprechend der Zahl der vorhandenen absorptionsfähigen (neutralen) Atome kann das ultraviolette Licht nur bis zu einer bestimmten Tiefe eindringen, durch die dann die Dicke der Ionisationsschale bestimmt ist, außerhalb deren die Materie für das Licht des F 2-Sternes durchsichtig ist. Die analytische Behandlung des Problems (B. Strömgren l. c.) führt nun allerdings zu nicht ganz unbedenklichen Zusatzannahmen: 1. Der Dichtegradient in der Ionisationszone der Atmosphäre des bedeckenden Sternes muß weit niedriger sein, als er sich bei Annahme eines hydrostatischen Gleichgewichtes ergibt. Um das konstante, flache Minimum zu erzeugen, darf die Materiedichte innerhalb der Absorptionsschicht höchstens um das Zwanzigfache variieren, während bei hydrostatischem Gleichgewicht ein Faktor 10^6 bis 10^7 für die Dichteänderung herauskommt. 2. Für den Anteil des Wasserstoffes in der Atmosphäre ergibt sich ein unterer Grenzwert, der im Vergleich mit den Zahlen für die Wasserstoffhäufigkeit in den Sternatmosphären zu niedrig ist. 3. Die theoretische Dichte der nichtionisierten Bestandteile ist so groß, daß man während des Minimums eine deutliche Verstärkung der Resonanzlinien (vor allem des Kalzium) im Spektrum wahrnehmen müßte, was jedoch nicht der Fall ist. Auch hier liegt also die aus der Theorie sich ergebende Dichte noch weit oberhalb derjenigen, die man auf Grund der Beobachtungsergebnisse fordern kann. Das gleiche gilt auch dann, wenn man berücksichtigt, daß die Dichte der nichtionisierten Gase unterhalb einer gewissen Grenze bleiben muß, wenn keine Rayleigh-Streuung des Lichtes vom F 2-Stern verursacht werden soll (verfärbende Absorption wurde während des Minimums ja nicht beobachtet!). Auch hier liefert die Ionisationshypothese höhere Dichten als mit den Beobachtungen vereinbar ist. 4. Die Zahl der von dem F_2-Stern ausgestrahlten Ultraviolettquanten, die die Ionisationszone in der Atmosphäre des unsichtbaren Begleiters erzeugen sollen, muß erheblich größer sein als nach dem Planckschen Gesetz für einen schwarzen Strahler der Temperatur 6300°. (Dieselbe Diskrepanz tritt übrigens auf, wenn man die Ionosphäre in der Lufthülle der Erde als verursacht durch die ultraviolette Sonnenstrahlung betrachtet[1].)

Ungeachtet dieser Einwände (die übrigens von B. Strömgren selbst hervorgehoben werden) gegen die spezielle Annahme einer Ionisationszone in der Atmosphäre der zweiten Komponente von ε Aurigae bleibt als gesichertes Resultat der hier besprochenen wertvollen Untersuchung, daß *1. Beide Komponenten von ε Aurigae Übergiganten sind und die eine die extrem niedrige Temperatur von 1200° abs. besitzt. 2. Der Lichtwechsel darauf zurückzuführen ist, daß in der Atmosphäre des bedeckenden Sternes eine verhältnismäßig dünne absorbierende Zone vorhanden ist, die das sie durchquerende Licht des F 2-Sternes unverfärbt schwächt.*

B. Strömgren weist in der Arbeit darauf hin, daß es wegen der erwähnten Schwierigkeiten, die sich der Annahme einer Ionisationszone entgegenstellen, erwünscht ist, einen anderen nichtverfärbenden Absorptionsvorgang als die Lichtschwächung durch ein Elektronengas einzuführen. Im Anschluß an diese Bemerkung machen daher Schoenberg und Jung darauf aufmerksam, daß bei der niedrigen Temperatur der bedeckenden zweiten Komponente die Möglichkeit zur Kondensation fester Partikel gegeben ist, deren Dichte nur etwa 10^{-17} bis 10^{-18} g/ccm zu betragen braucht, um innerhalb der in Frage kommenden Zone die beobachtete Lichtschwächung zu erzeugen[2]. Auch die festen Partikel werden ja nur einen schmalen Streifen innerhalb der Gesamtatmosphäre bilden, da sie nur unterhalb bestimmter Grenztemperaturen entstehen können, wie sie wahrscheinlich in den äußeren Teilen der Atmosphäre vorhanden sind. Ob diese zunächst ganz allgemein aufgestellte Hypothese in Einklang mit dem spektroskopischen Befund steht, bedarf noch der näheren Prüfung. Jedenfalls werden aber dadurch die hauptsächlichsten Widersprüche beseitigt, die in der besprochenen Theorie der Ionisationszone auftreten.

Bezüglich seines inneren Aufbaues bietet ein Stern wie die zweite Komponente von ε Aurigae mancherlei Probleme, auf die hier einzugehen aber zu weit führen würde. Da wegen der niedrigen Temperatur und der

[1] S. auch den Bericht „Sonneneruptionen und ionosphärische Störungen".

[2] A. N. **265**, Nr. 6350 (1938).

extrem geringen Dichte die Ionisationsenergie im Vergleich zu den übrigen Energieformen im Innern des Sternes sehr hoch ist, besteht die Möglichkeit, daß der kritische Wert $^4/_3$ des Verhältnisses der spezifischen Wärmen unterschritten wird und der Aufbau nach dem EDDINGTONschen Modell instabil wäre. Auch kosmogonisch ist ein Übergigant mit derart niedriger Oberflächentemperatur von größtem Interesse. Nach der heute wohl am stärksten vertretenen Auffassung von der Sternentwicklung ist eine solche ausgedehnte, verhältnismäßig kühle Gaskugel als ein sehr junger Stern anzusehen, dessen Alter schätzungsweise nur einige hunderttausend Jahre betragen dürfte. Da auch ε Aurigae selbst ein Übergigant ist, haben wir hier wahrscheinlich eines der „jüngsten" Doppelsternsysteme vor uns, die bisher beobachtet wurden.

Lichtwechsel, Größe und Gestalt des kleinen Planeten Eros.

Der im Jahre 1898 von WITT (in Berlin) entdeckte Planetoid Eros ist in erster Linie dadurch bekannt geworden, daß er während besonders günstiger Oppositionen der Erde außerordentlich nahe kommt. Es ist dann während der größten Erdnähe des kleinen Planeten möglich, mit Hilfe der üblichen Triangulationsmessungen von zwei weit auseinanderliegenden Punkten der Erde aus seine Entfernung von uns zu bestimmen und daraus mit sehr großer Genauigkeit die Sonnenparallaxe. Die letzte in dieser Hinsicht wichtige Opposition war die des Jahres 1930/31.

Nun ist Eros jedoch noch wegen einer anderen Tatsache bemerkenswert: Schon kurze Zeit nach der Entdeckung wurde von den Beobachtern festgestellt, daß die Helligkeit des Planetoiden periodischen Schwankungen unterworfen ist. Die Periode dieses Lichtwechsels ist vollkommen konstant und beträgt 2 Stunden 38 Minuten (nach ROSENHAGEN). Trotz dieser Konstanz bietet aber die Lichtkurve ein kompliziertes und schwer zu deutendes Bild, denn einmal ist die Amplitude von Opposition zu Opposition und während einer solchen stark veränderlich, außerdem ist aber auch der Typ der Lichtkurve — d. h. die Steilheit, die Form der Maxima und Minima — nicht stets derselbe. Eine exakte, gesetzmäßige Deutung der letzteren Erscheinung dürfte fast aussichtslos sein. Infolgedessen hat man sich bisher bei den theoretischen Untersuchungen des Lichtwechsels von Eros damit begnügt, vor allem die Veränderlichkeit der Amplitude zu deuten. Unter den neueren dahin gehenden Arbeiten seien als die wichtigsten erwähnt: J. ROSENHAGEN, Einige Bemerkungen zur Helligkeit und zum Lichtwechsel des kleinen Planeten Eros [Sitzgsber. Akad. Wiss. Wien, Math.-naturwiss. Kl. **141**, 457 (1932)]; W. KRUG u. G. SCHRUTKA-RECHTENSTAMM, Untersuchungen über Gestalt und Größe des Planetoiden Eros [Z. Astrophysik **13**, 1 (1937)], und kürzlich F. WATSON, The physical nature of Eros (Harvard Circular **1937**, 419).

Wie man leicht einsieht, kommen für den Lichtwechsel des kleinen Planeten 3 Ursachen in Frage: 1. Der Planetoid ist in Wirklichkeit ein Doppelstern, an dem wir infolge des Umlaufes der beiden Sterne umeinander abwechselnd die Gesamthelligkeit der beiden Komponenten oder nur die Helligkeit des einen Sternes wahrnehmen. 2. Die veränderliche Helligkeit ist begründet in der unregelmäßigen Gestalt von Eros. 3. Die Oberfläche des kleinen Planeten weist große Unterschiede in der Helligkeit auf.

Der erste Fall (Doppelstern) scheidet aus, da durch ihn die Form der Lichtkurve und die Tiefe der Minima auch dann nicht erklärt werden kann, wenn der Helligkeitsunterschied zwischen den beiden Komponenten sehr groß ist. Am wahrscheinlichsten ist die Annahme einer von der Kugelgestalt stark abweichenden Form des Planetoiden, wie sie auch von den oben genannten Autoren vertreten wird. Die Helligkeit des Eros hängt dann von der Ausdehnung der der Erde jeweils zugekehrten Fläche ab. Sie wäre konstant, wenn man ständig genau auf den Rotationspol blicken würde; die größte Amplitude würde dann beobachtet werden, wenn der Erosäquator im Visionsradius liegt. Die Amplitude des Lichtwechsels variiert also mit der Lage der Rotationsachse des Eros relativ zur Erde, und die Periode des Lichtwechsels ist dann gleich der halben Umdrehungszeit des Planeten um seine Achse.

Um dem Problem eine mathematische Formulierung zu geben, ist es natürlich notwendig, modellmäßig eine geometrisch beschreibbare Figur des Eros anzunehmen, die in der Deutung der Beobachtungen die bestmögliche Darstellung der wirklichen Verhältnisse liefert. ROSENHAGEN zeigt, daß der beobachtete Lichtwechsel durch die Annahme eines langgestreckten, zigarrenförmigen Körpers erklärt werden kann, der um die kleine Achse rotiert. Auch WATSON arbeitet in einer kürzlich erschienenen Untersuchung (loc. cit.) im wesentlichen mit derselben Hypothese, indem er einen zylinderförmigen Körper annimmt, dessen *Durchmesser 11 km und dessen Länge 35 km beträgt*. W. KRUG und G. SCHRUTKA-RECHTENSTAMM schließlich rechnen mit *einem dreiachsigen Jacobischen Ellipsoid mit Achsenlängen von 34,6, 19,3 und 16,3 km*. Für die Richtung der Rotationsachse im Raum bzw. für die Lage des Nordpols ergeben sich folgende Werte:

	Rektasz.	Dekl.
ROSENHAGEN	$22^h 48^m$	$+42°,1$
KRUG u. SCHRUTKA-RECHTENSTAMM	22 12	$+47\,,7$
WATSON	21 4	$+51$

Für Masse und Dichte des Planetoiden folgen aus dieser Hypothese: *Masse: $4{,}9 \times 10^{-15}$ Sonnenmassen* (KRUG und SCHRUTKA-RECHTENSTAMM), *Dichte: 1,63*. WATSON erhält für die Masse *rund 10^{-14} Sonnenmassen unter der Annahme einer Dichte von 3,5*.

Eine wesentliche Stütze erfahren diese Hypothesen durch die Beobachtungen von VAN DEN BOS und FINSEN in Johannesburg aus dem Jahre 1931, die bei 1000facher Vergrößerung den kleinen Planeten länglich sahen und die Umdrehungsperiode zu 5 Stunden 16 Minuten feststellten, welcher Wert, wie bei dem beschriebenen Modell erwartet werden muß, genau das Doppelte der beobachteten Lichtwechselperiode ist. Es dürfte also wohl sichergestellt sein, daß wir uns Eros als einen im groben Umriß länglich geformten Körper vorzustellen haben. Die dadurch nicht erfaßbaren Unregelmäßigkeiten in der Form der Lichtkurve sind wahrscheinlich auf Abweichungen von diesem natürlich stark idealisierten Modell zurückzuführen (etwa auf eine sehr zerklüftete und „zackige" Oberflächenstruktur) und darauf, daß die Rotationsachse ihre Lage innerhalb des Planetoiden verändert, was bereits kurz nach der Entdeckung des Lichtwechsels von H. v. SEELIGER betont wurde.

H. LAMBRECHT.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: FRITZ SÜFFERT, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.